This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

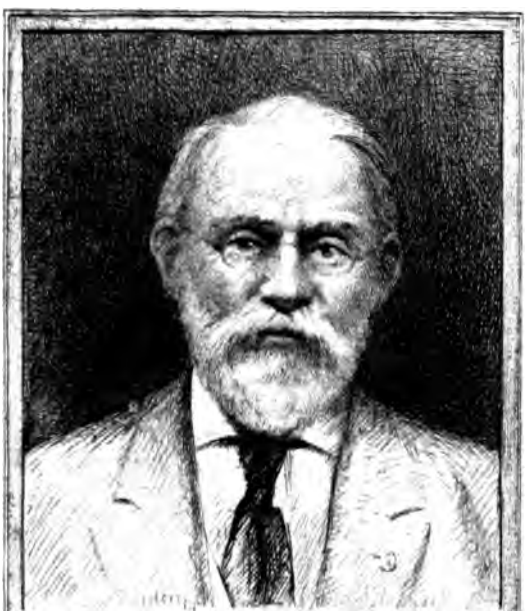
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`



SILAS WRIGHT DUNNING
BEQUEST
UNIVERSITY OF MICHIGAN
GENERAL LIBRARY

DE LA SOCIÉTÉ

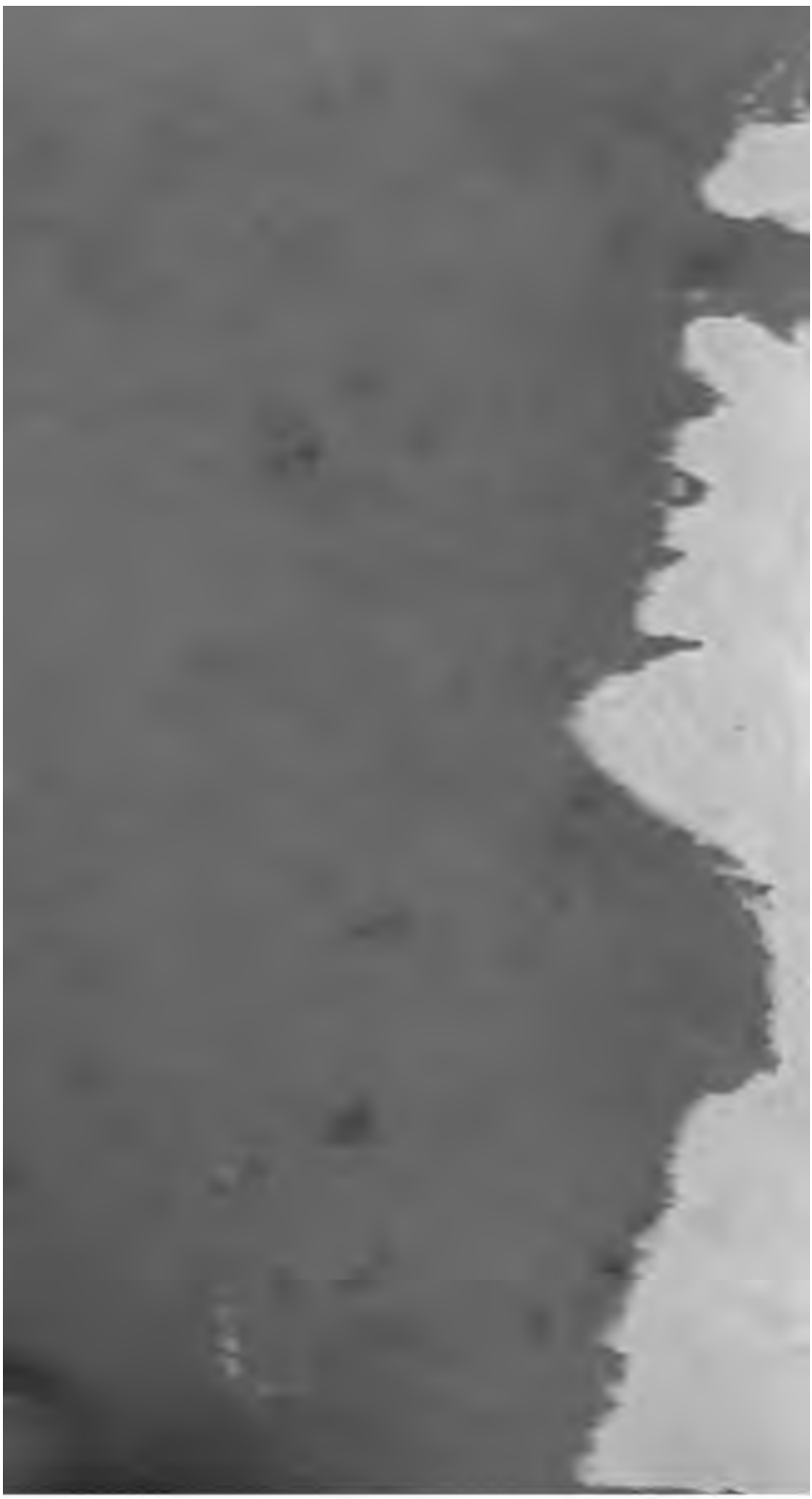
ACADÉMIQUE

DE

MAINE-ET-LOIRE

TOMES XXXIII ET XXXIV

ANGERS



MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

ACADÉMIQUE

DE MAINE-ET-LOIRE

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

CADÉMIQUE

DE

MAINE-ET-LOIRE

TOME XXXIII

LETTRES ET ARTS

ANGERS

IMPRIMERIE LACHÈSE ET DOLBEAU

13, Chaussée Saint-Pierre.

1878

SUR

UNE MÉDAILLE

FRAPPÉE EN L'HONNEUR

D'UN PHILOSOPHE DE L'ÉCOLE DE PADOUE

par M. Victor EGGER,

PROFESSEUR AU LYCÉE D'ANGERS.

La numismatique a rarement servi à nous conserver les traits des philosophes illustres. Toutefois, Visconti a cru reconnaître les traits d'Euclide de Mégare et ceux de Chrysippe de Soli sur les monnaies de leurs villes natales[1]; ce sont là sans doute, il est vrai, des portraits à-demi conventionnels; mais, d'autre part, l'iconographie ancienne n'a d'autre base solide que la numismatique, les monnaies et médailles étant, sauf de trop rares exceptions, les seuls monuments qui donnent, à côté du portrait, le nom du personnage, ou tout au moins des indications capables d'en tenir lieu, comme un nom de ville. Aussi ces représentations, comme celles de Térence, de Salluste, d'Horace, d'Apulée, etc., qu'on trouve sur les médaillons contorniates, sont-elles précieuses pour la science,

[1] *Iconographie grecque*. Il cite encore le portrait de Pittacus, gravé sur les monnaies de Mytilène; mais Pittacus est un personnage à demi fabuleux, et ce portrait n'a aucun caractère d'authenticité.

malgré leur brièveté et leur imperfection. Quant à l'iconographie des temps modernes, elle a rarement lieu de réclamer le secours de la numismatique ; elle a à son service d'autres arts dont les ressources sont plus grandes et plus variées : la gravure surtout nous conserve avec une fidélité minutieuse les traits de tous les hommes qui font honneur à l'humanité.

La médaille que nous présentons à la Société Académique ne fait pas exception à ces règles : elle n'a pas la prétention de révéler les traits d'un philosophe illustre. Passerus a été célèbre, mais il y a longtemps qu'il est oublié ; on a d'autres portraits de lui, et de meilleurs. Le principal intérêt de ce petit monument est dans l'étrange emblème qui est figuré au revers ; l'interprétation de cet emblème et son association à la figure de Passerus méritent peut-être de fixer quelque temps notre attention.

Commençons par la description de la médaille.

Face : *M* (arcus) *ANT* (onius) *PASSERVS PAT* (avinus). Tête chauve et barbue à droite.

Revers : *PHILOSOPHIA DVCE REGREDIMUR.* L'homme primitif androgyne décrit par Platon (*Banquet*, discours d'Aristophane) ; il marche en faisant la roue avec ses huit membres ; le sol est figuré par une ligne.

Cette pièce n'est pas inédite : elle a été publiée dans plusieurs recueils[1]. A la page 104 de l'ouvrage intitulé :

[1] Entre autres dans celui de Mazuchelli, planche 69, n° 3. Le catalogue Welzl de Wellenheim la donne avec la variante *comite* pour *duce*, qui n'est sans doute qu'un *lapsus* d'impression. — L'exemplaire que je possède a été présenté il y a deux ou trois ans à la *Société des Antiquaires de France* par M. Pol Nicard, qui a bien voulu m'en faire don, ayant appris que j'en voulais tenter l'explication.

Jacobi Philippi Tomasini Patavini illustrium virorum Elogia iconibus exornata (*Patavii*, 1630), le revers seul en est figuré; il est annoncé sous ce titre : *Numisma Marci Antonii Genuæ eminentissimi philosophi patavini.* Si l'autre côté n'a pas été reproduit, c'est que l'éloge de Passerus est précédé dans Tomasini de son portrait gravé au burin ; ce portrait, d'assez grande dimension, le représente de face ; la physionomie est énergique et fortement individuelle, en cela bien supérieure à celle de notre médaille, dont le graveur semble avoir sacrifié les traits caractéristiques de son modèle au désir de personnifier en Passerus le type du philosophe : le crâne vaste et dénudé, l'œil fortement encadré, la barbe vénérable, ce sont là des traits qu'il n'a fait que reproduire ; mais la noblesse générale du profil a été accentuée aux dépens de la vérité. La gravure représente bien un penseur, mais un penseur moderne; la médaille semble nous dire : « Admirez un sage digne de l'ancienne Grèce, le Pythagore ou l'Héraclite de Padoue ; » et le revers, par son type et sa légende, est bien d'accord, comme on va le voir, avec cette intention évidente du graveur de nous reporter en pleine antiquité.

Par la nature du bronze et par le style de la gravure, notre médaille rappelle les beaux bronzes si communs dans les collections et connus sous le nom de *Padouans*, qui sont des copies, ou plutôt des imitations, des grands bronzes du haut empire. A l'époque de la Renaissance, l'art de la gravure en médailles était très en faveur en Italie, et spécialement à Padoue; chacun des hommes illustres dont Tomasini a écrit l'éloge a sa médaille, et Tomasini recueille pieusement ces monuments de la gloire de ses compatriotes; toutes ces médailles portent,

comme la nôtre, d'un côté le profil du *vir illustris*, de l'autre un emblème plus ou moins allégorique.

La célébrité de Passerus, nous l'avons déjà remarqué, n'a eu qu'un temps; aussi est-il nécessaire d'en rechercher les titres, et de reconstituer, au moins en abrégé, sa biographie. La tâche est facile, tant les érudits italiens ont mis de zèle et d'exactitude à raconter l'histoire de leurs écoles nationales et la vie de leurs grands hommes. — Les renseignements qui vont suivre sont tirés de trois ouvrages, dont celui de Tomasini, déjà cité, est le plus ancien (1630). Voici les titres des deux autres :

Nicolai Commeni Papadopoli Historia gymnasii Patavini. Venitiis, 1726.

Facciolati, Fasti gymnasii Patavini. Patavii, 1747.

Rappelons tout d'abord la place qu'occupe l'école de Padoue dans l'histoire de la philosophie moderne.

On a décrit bien des fois le magnifique mouvement d'innovation qui se produisit dans la pensée humaine en Italie aux xv^e^ et xvi^e^ siècles, et qui a reçu le nom si juste de Renaissance. Partout se fondaient des académies nouvelles, destinées à retremper la science aux sources antiques. En même temps les vieilles écoles s'efforçaient de rajeunir; de là une rivalité féconde en recherches, et qui eût été féconde en résultats définitifs, si elle avait su se régler; mais le temps de Bacon, de Descartes et de Galilée n'était pas encore venu. D'un commun accord, le faux Aristote du moyen-âge était rejeté par les novateurs; quant à adopter une direction nouvelle, autant de penseurs, autant d'avis, ou peu s'en faut. Du moins les universités et les académies étaient-elles, dans cette anarchie, des points de ralliement, des

centres d'accord, où certaines traditions se conservaient d'une génération à l'autre, où certaines directions d'études étaient suivies avec persévérance. L'Académie de Florence, fondation des Médicis et de Marcile Ficin, voulait substituer Platon à Aristote; mais, dans son inexpérience, elle mêlait à la doctrine platonicienne les conceptions mystiques des Alexandrins et des Kabbalistes; elle s'égarait, sur les traces du maître préféré, dans des théories où l'imagination avait plus de part que la raison, et, oublieuse des ironies du philosophe athénien, qui souriait toujours à ses belles inventions, croyait le suivre, soit en le prenant à la lettre, soit en acceptant pour guides ses successeurs infidèles.

Plus prudente, la vieille école de Padoue se garda de rompre entièrement avec Aristote; elle comprit que l'*Organon* bien interprété renfermait une méthode dont rien ne pouvait ébranler l'autorité; elle devina que, dans ses autres ouvrages, Aristote, auteur de l'*Organon*, avait dû s'égarer moins qu'un autre; Leibnitz, bien longtemps après, ne pensait pas autrement. Aussi les philosophes de Padoue n'abandonnèrent la scolastique que pour s'attacher plus étroitement à Aristote; non qu'ils se défendissent de penser par eux-mêmes; mais les textes du Stagyrite étaient pour eux la base de toute science et de toute philosophie. Les comprendre, saisir le véritable sens de ces formules condensées, dégager la vraie pensée du maître, en dédaignant les interprétations consacrées d'où rien n'était sorti que le bon sens ne condamnât, bien plus, discuter les variantes des manuscrits, établir la lettre primitive du texte grec, telle fut la principale étude des maîtres de Padoue pendant toute la période de la Renaissance; et c'est là un

service inappréciable qu'ils ont rendu aux siècles suivants. Mais, comme chez les meilleurs esprits de cette époque régnait une sorte d'entraînement aveugle vers les idées hardies, une sorte de passion d'opposition contre les dogmes consacrés, plus d'un adopta l'interprétation panthéiste d'Aristote inaugurée par l'arabe Averroès, immense contre-sens oriental qui dénaturait la plus moderne des philosophies grecques, et s'exposa ainsi bien inutilement au mauvais renom d'athée ou d'épicurien et aux persécutions qui en étaient alors la conséquence inévitable.

Les plus célèbres professeurs de philosophie du gymnase de Padoue au xv^e^ et au xvi^e^ siècles furent Cavalli, Leonico Tomeo, P. Pomponace, Achillini, Aug. Nifo, Marc-Antoine Passera, Zabarella, Cremonini, Alex. et Fr. Piccolomini. Passera semble avoir été un des moins aventureux, un des moins originaux, mais un des plus savants d'entre eux, un des plus profonds connaisseurs des ouvrages aristotéliques.

Il naquit à Padoue en 1491. Il descendait de la famille princière des Passerini qui, après avoir régné à Mantoue et à Modène, s'était, à la suite de révolutions, retirée à Gênes, puis établie à Padoue. Son père, Nicolas Passera, philosophe et médecin, fut longtemps professeur à l'université de Padoue [1].

Le nom sous lequel Marc-Antoine Passerus était vulgairement connu de son vivant était *Genua*, le Génois. Son nom véritable était *Passera* ou *de Passeribus* [2]. S'il

[1] Il ne faut pas le confondre avec Nicolas Passera, jurisconsulte plus récent, de la même famille, mais bâtard.

[2] C'est à tort qu'il est appelé Passeri par M. Renan (*Averroès*, p. 377), Passero par M. Bartholmess (*Jordano Bruno*, p. 370 et 371; et article *Philosophie italienne* du *Dictionnaire des sciences philosophiques*).

est nommé *Passerus* sur notre médaille, c'est évidemment par la même raison qui transformait Pierre de la Ramée en *Ramus :* la Renaissance poussait jusqu'à la puérilité la passion d'imiter les anciens.

Élève au gymnase de Padoue, on admira la précocité de son génie ; il fut célèbre, encore sur les bancs de l'école. Dès qu'il eut les grades nécessaires, il fut appelé au professorat ; en 1521, il avait trente ans, il fut chargé de la *prima schola philosophiæ extraordinariæ ;* appointements : 60 florins. Dès 1523, il montait en grade ; on lui donnait la *secunda schola philosophiæ ordinariæ*, et 80 florins d'appointements, portés à 100 en 1529. Enfin, en 1531, à l'âge de quarante ans, il fut élevé à la *prima schola philosophiæ ordinariæ :* 300 florins, portés à 500 en 1535, et à 800 en 1559.

Peu de temps après, il était nommé professeur honoraire, *Supraordinarius,* « non solum non imminuto stipendio, sed etiam aucto, » récompense bien méritée, car il avait enseigné près de quarante ans [1].

Il mourut en 1563, à l'âge de soixante-douze ans, sans laisser de postérité mâle. Ses quatre filles avaient épousé les premiers citoyens de la ville. Il les avait instruites solidement, « *solide*, non solum liberales artes ac morales virtutes, sed et logicam et philosophiam » [2]. Une d'elles fut dotée par le sénat de Venise ; le chiffre de la dot, 600 florins, est pieusement noté par Facciolati. Cet honneur ne fut accordée que deux fois par la grande république, à Passera, et à son élève et successeur, Zabarella.

Bien d'autres faits attestent sa célébrité, un entre

[1] Ce *cursus honorum* est emprunté à Facciolati.
[2] Tomasini.

autres qui, pour toute autre époque, paraîtrait fabuleux ou ridicule : un de ses élèves est cité avec éloges pour avoir rédigé son enseignement en vers latins. Citons encore le noble et candide latin de nos auteurs; une traduction affaiblirait la sincérité de ces témoignages presque contemporains :

« Quum magnam sibi doctrinæ famam tota Italia comparasset, studiosi juvenes amplius trecenti ejus scholam frequentabant. Inter hos Daniel Barbarus Venetus Patritius singulas ejus acroases, simul atque exceperat, carminibus ligabat » [1].

Sauf un livre de polémique contre un platonicien, *Contra Antonium Bernardum Mirandulanum*, tous les ouvrages laissés par Passera furent des commentaires d'Aristote : sur la *Métaphysique*, la *Physique*, le *De anima*, le *De Cœlo*, le *De Generatione;* commentaires proclamés complets et parfaits, *absolutissimi*, par Tomasini. Le choix même de ces ouvrages dans la collection aristotélique montre que Passera cherchait hardiment la doctrine d'Aristote dans les textes qui en contiennent la vraie substance. Sa probité et sa pénétration de commentateur sont d'ailleurs unanimement attestées, ce qui écarte de sa mémoire tout soupçon, non-seulement d'esprit scolastique, mais encore d'averroïsme. « Fertur primus, certe inter primores atque præcipuos, Aristotelis doctrinam secretiorem ex Græcis textibus explanasse [2]. — Primus fuit qui in illustri philosophiæ cathedra Aristotelis doctrinam ex græcis textibus explanavit, et ævo suo peripateticam doctrinam interpretum ambagibus involutam meridiana luce clarius

[1] Facciolati.
[2] Papadopolo.

ustravit » [1]. Zabarella, qui devait poursuivre la même ie d'études, avec plus de personnalité peut-être, du oins avec un éclat plus durable, fut initié par lui à tte sûre et prudente méthode.

En dehors de la philosophie, son savoir, principalement dans les sciences de la nature, était encyclopégue. Il avait un si grand génie, une si vaste mémoire, ie si merveilleuse facilité, qu'on lui attribua, comme à crate, un génie familier : encore une imitation de ntiquité.

De tous ces détails et de ces citations, il ressort avec idence que Passera fut un pur aristotélicien, un partin absolu, un admirateur exclusif de la doctrine du stagrite. Aussi peut-on s'étonner de trouver au revers de médaille frappée en son honneur un emblème non oins évidemment, non moins exclusivement platonien. Comment expliquer en effet cette étrange représntation, sinon par la fable ingénieuse et bizarre dont uteur du *Banquet* met le récit dans la bouche d'Arisphane?

Le grand comique, prié par les convives d'Agathon donner à son tour une théorie de l'amour, débute en s termes :

« La nature humaine était primitivement bien différte de ce qu'elle est aujourd'hui. D'abord, il y avait is sortes d'hommes, les deux sexes qui subsistent core, et un troisième composé des deux premiers...; s'appelait *androgyne*... Puis tous les hommes ient d'une figure ronde, avaient des épaules et des tes attachées ensemble, quatre bras, quatre jambes,

[1] Tomasini.

deux visages opposés l'un à l'autre et parfaitement semblables, sortant d'un seul cou et tenant à une seule tête, quatre oreilles, un double appareil des organes de la génération, et tout le reste dans la même proportion. Leur démarche était droite comme la nôtre, et ils n'avaient pas besoin de se tourner pour suivre tous les chemins qu'ils voulaient prendre; quand ils voulaient aller plus vite, ils s'appuyaient de leurs huit membres, par un mouvement circulaire, comme ceux qui les pieds en l'air imitent la roue... Leurs corps étaient robustes et leurs courages élevés, ce qui leur inspira l'audace de monter jusqu'au ciel et de combattre les dieux... Jupiter examina avec les dieux ce qu'il y avait à faire dans cette circonstance. La chose n'était pas sans difficulté : les dieux ne voulaient pas les détruire, comme ils avaient fait les géants en les foudroyant, car alors le culte que les hommes leur rendaient et les temples qu'ils leur élevaient auraient aussi disparu; et, d'un autre côté, une telle insolence ne pouvait être soufferte. Enfin, après bien des embarras, il vint une idée à Jupiter : je crois avoir trouvé, dit-il, un moyen de conserver les hommes et de les rendre plus retenus; c'est de diminuer leurs forces; je les séparerai en deux; par là ils deviendront faibles, et nous aurons encore un autre avantage, qui sera d'augmenter le nombre de ceux qui nous servent; ils marcheront droits, soutenus de deux jambes seulement; et si, après cette punition, leur audace subsiste, je les séparerai de nouveau, et ils seront réduits à marcher sur un seul pied... Après cette déclaration, le dieu fit la séparation qu'il venait de résoudre, de la manière que l'on coupe les œufs lorsqu'on veut les saler... Il commanda ensuite à Apollon de guérir les plaies, et de pla-

cer le visage des hommes du côté que la séparation avait été faite, afin que la vue de ce châtiment les rendît plus modestes. Apollon obéit [1], » etc.

On le voit, tous les traits de la description de l'androgyne primitif sont reproduits sur notre médaille. Et pourtant ce sont évidemment les admirateurs du péripatéticien qui, sous ses yeux, de son vivant, ou au lendemain de sa mort, ont fait frapper cette pièce pour célébrer ses talents et ses vertus. Il y a là une contradiction qui nous choque ou nous étonne ; elle contrarie nos classifications trop rigoureuses ; elle blesse nos définitions judaïques.

Pour les contemporains de Passera, pour les Italiens du XVI^e^ siècle, à notre sens, elle n'existait pas, ou du moins elle ne pouvait que rendre piquant, relever par l'esprit, un témoignage sincère de reconnaissance et d'admiration. Il ne faut pas l'oublier : c'est au XVI^e^ siècle que s'épanouit avec le plus de richesse et de liberté le génie artiste des Italiens ; beaucoup d'entre eux donnèrent à la science, à la philosophie, à l'érudition, à Aristote, une part de leur âme ; ils ne pouvaient se livrer tout entiers. N'avons-nous pas vu qu'un des disciples de Passera s'amusait à rédiger en vers ce grave enseignement ? Sans doute, Platon ne paraissait dans les cours de l'école de Padoue que pour être réfuté ; mais on le lisait encore ; si l'on n'y cherchait pas des dogmes, on y trouvait des mythes et des ironies. Platon, chassé de la science, ne pouvait cesser d'être, pour ces écoliers qui lisaient l'Arioste et l'Arétin, un incomparable artiste. Si la vérité était tout entière dans Aristote, c'était là un

[1] Traduction Cousin.

principe dont Platon seul pouvait fournir l'emblème sensible ; en chercher l'expression dans ses dialogues, était-ce offenser le maître vénéré, trahir Aristote et Passera ? non, certes : les âmes n'étaient pas à ce point envahies par un fanatisme étroit ; était-ce les railler ? peut-être, mais les railler doucement, avec atticisme et discrétion, à la façon de Socrate. La raillerie est un jeu ; le jeu est une des formes de l'art, et l'art est une des formes de la vie. La vie, les hommes du siècle des Médicis la voulaient ample et complète ; ils se seraient crus coupables, ingrats envers la bonne nature, s'ils en avaient sacrifié une parcelle, même à leurs convictions les plus chères.

« Nous, hommes du XVI^e^ siècle, nous retournons à Aristote, au véritable Aristote ; nous pâlissons, pour trouver la vérité, sur les textes d'un écrivain né près de deux mille ans avant nous. Nous revenons en arrière, sous la conduite d'un sage : *regredimur, philosophia duce ;* voilà le chemin du progrès : le maître nous l'a dit. Suivons-le donc avec confiance, ce guide incomparable, auquel un génie familier révèle les secrets d'en haut ; suivons-le, et ne désespérons pas, au terme de la carrière qu'il nous ouvre, rajeunissant sans cesse en nous notre humanité, de nous réveiller un jour avec quatre jambes, quatre bras, deux figures, hommes d'un côté, femmes de l'autre, réunissant dans une nature humaine complète tous les attributs de l'humanité. Alors, fiers et joyeux, ayant reconquis la noblesse et la force de l'homme primitif, nous marcherons en faisant la roue, nous prendrons les chevaux à la course ; nous défierons les dieux jaloux de nous faire déchoir une seconde fois ; et nous conserverons pieusement le

souvenir de Marc-Antoine Passera, qui nous a mis sur le chemin de la vérité et du bien, sur le chemin du progrès rétrograde. »

Ainsi parlaient, j'imagine, au sortir des leçons du gymnase de Padoue, les disciples de Passerus, et l'un d'eux, fidèle interprète du sentiment commun, en porta un jour au graveur l'ingénieux symbole. Nous aurions tort d'en être scandalisés. La foi sincère et l'enthousiasme rénovateur n'excluent pas, chez des intelligences libres et vivantes, le sourire et le jeu. Railler ses convictions, ce n'est pas les ébranler ; c'est parfois les assurer contre le scepticisme véritable ; ouvrir au jeu les portes du sanctuaire de l'intelligence, c'est souvent les fermer au doute. Le fanatisme qui ne se déride pas est exposé à changer d'objet, et ceux qui *croient lourdement,* pour emprunter une expression à l'historien d'Averroès, ne sont pas toujours les plus solides croyants.

La légende ainsi comprise ne dépasse-t-elle pas Passerus et l'aristotélisme de Padoue? ne prend-elle pas une portée plus générale? N'est-ce pas la devise même de la Renaissance, trouvée par un humoriste du temps, qui croyait sans doute à Aristote, mais qui avait appris dans Platon l'ironie socratique?

SUR

UNE MÉDAILLE

D'UN PHILOSOPHE DE PADOUE

(NOTE COMPLÉMENTAIRE)

par M. Victor EGGER,

PROFESSEUR AU LYCÉE D'ANGERS.

Des renseignements nouveaux nous sont parvenus depuis l'impression de cette notice [1]; ils serviront à la compléter, et même, sur un point, à la corriger.

Le catalogue Wellenheim, qui est plein d'incorrections, n'était pas une autorité suffisante pour admettre la variante *comite*, pour *duce*. Mais il résulte de l'examen de plusieurs autres catalogues et des riches collections de la Bibliothèque nationale, qu'il existe en effet deux variétés de la médaille de Passera. L'une est celle que nous avons décrite et interprétée; l'autre porte PATAVIN au lieu de PAT, avec des différences dans le costume de Passera, et, au revers, COMITE, au lieu de DVCE [2]. Toutes deux figurent dans les cartons de la Bibliothèque nationale, la première en double exem-

[1] Nous les devons à l'obligeance de deux éminents numismates, M. de Longpérier, membre de l'Institut, et M. Chabouillet, conservateur du cabinet des médailles de la Bibliothèque nationale, correspondant de la Société Académique.

[2] En outre, les catalogues donnent, pour cette variété, RECREDIMVR, mais à tort; le C, mal formé, a été mal lu.

rgent et bronze, la seconde en argent. Celle-ci ite dans les catalogues des collections de Janzé [1] o Guastalla [2], sans compter Wellenheim et le Mazuchelli. Enfin les coins qui ont servi à la sont conservés à la Bibliothèque nationale.

nt partie d'une collection de paires de coins en ravés par les Padouans, Alexandre Bassiano et avini [3], collection incomplète, mais précieuse histoire de l'art, qui fut donnée au musée de Geneviève, en 1670, par Thomas Lecointe, et rtée au temps de la Révolution à la Bibliothèque le. Si l'on ajoutait foi à l'ouvrage de Claude Du ; intitulé : *Le Cabinet de la Bibliothèque de Geneviève* [4], on pourrait croire à l'existence roisième médaille de Passera : la tête de Passera e PATAVIN) s'y trouve associée au revers sui-

ER ASPIDEM. Femme marchant sur un serpent graveur a fait un petit canard) et levant les bras astre (le soleil ?).

lolinet déclare ne pas comprendre en quoi ce cette légende ont rapport au philosophe de . Cette réserve, rare chez les antiquaires de son lui fait honneur ; car, évidemment, les coins été dépareillés. Ce revers appartient en effet à e personnage de Padoue, Nicolas Verri [5] ; les

, avril 1866 ; n° 613.
ece, janvier 1867 ; n° 282.
tin *Bassianus* et *Cavinus*. Il est arrivé à Cavini le même ju'à Passera : le nom latin, plus usité, a fait oublier la ienne, et on l'a traduit à tort par *Cavino* (M. de Longpérier).
, 1692. Planche 27, n° 45.
Mazuchelli, planche 93, n° 1 ; et Tomasini.

conservateurs de la Bibliothèque nationale ont avec raison rendu à Verri et à Passera ce qui leur appartenait.

L'existence d'une variante de la légende du revers peut paraître à première vue affaiblir la vraisemblance de notre interprétation. Nous espérons qu'un examen impartial la laissera intacte.

Philosophia comite regredimur : nous revenons en arrière, et la philosophie rétrograde avec nous ; il est difficile de comprendre et de traduire autrement ces trois mots. *Duce* dit la même chose, en y ajoutant que la philosophie, dans ce retour au passé, joue le rôle de guide et de chef; c'est le rôle qu'elle a toujours revendiqué dans les révolutions de l'esprit humain, le rôle qui lui appartient en propre et qui est, pour ainsi dire, impliqué dans sa définition : la philosophie ne peut obéir ; ou elle commande, ou elle se tait ; elle n'est rien, ou elle gouverne. *Duce* n'est que l'expression correcte, exacte, adéquate, de l'idée exprimée par les deux légendes.

Nous sommes donc en présence de deux versions d'un même texte, dont l'une est évidemment préférable. Dès lors, une question se pose : quelle est la version primitive ?

Deux hypothèses se présentent :

1° La légende primitive eût porté *comite ;* plus tard, un esprit critique aurait proposé l'heureuse correction, *duce.*

2° L'inventeur de la médaille aurait trouvé du premier coup l'expression exacte de son idée. Les Padouans auraient ensuite refait de mémoire un nouveau coin, et *comite* serait un *lapsus memoriæ* facile à comprendre

de la part d'ouvriers qui n'avaient pas eu la conception de l'œuvre primitive [1].

De ces deux hypothèses, la seconde nous paraît la plus plausible. Pourquoi les Padouans auraient-ils fait deux coins, si le premier n'avait pas été perdu ou brisé après quelque temps d'usage? Or le coin qui porte *comite* figure intact dans la collection de la Bibliothèque nationale, et l'autre a disparu. Donc nous sommes en droit de supposer que le coin primitif était celui qui portait *duce;* cette probabilité se changerait en certitude si la collection de la Bibliothèque nationale n'était pas incomplète sur d'autres points.

D'ailleurs, n'est-il pas reconnu que la première édition d'un bon mot est d'ordinaire la meilleure, et qu'il s'altère en passant de bouche en bouche? Le bon mot est un genre qui n'admet guère la collaboration et les retouches. J'admets qu'on puisse méditer longtemps un bon mot, s'il est subtil et raffiné; mais alors, pour le faire graver, on attend qu'il soit parfait.

Nous persistons donc à voir dans *comite* un *lapsus*, mais non plus un vulgaire *lapsus* d'imprimeur, un *lapsus* dont les Padouans eux-mêmes seraient responsables, et dans *duce* le texte véritable de notre légende.

[1] Les *lapsus* de ce genre ne sont pas sans exemple dans la numismatique ancienne. Nous n'en citerons qu'un : Un bronze de Vespasien, de notre collection, décrit et gravé dans le supplément de l'ouvrage de M. Cohen, porte au revers FIDES FORTVNA; c'est dans la numismatique romaine, le seul exemple connu de cette légende, et aussi le seul exemple d'une légende composée de deux noms abstraits au nominatif joints à une figure unique; le type est celui des monnaies à FIDES PVBLICA, et la légende FORTVNA AVGVSTI se rencontre aussi sous Vespasien; les deux légendes se seront sans doute confondues dans l'esprit du graveur.

RAPPORT

FAIT AU NOM DE LA COMMISSION

DE

L'EXPOSITION RÉTROSPECTIVE

PAR

M. Victor EGGER,

Professeur de philosophie au Lycée d'Angers.

I.

Dès le mois de novembre 1876, M. le Maire d'Angers avait nommé la Commission chargée d'organiser l'Exposition des Beaux-Arts. Cette Commission, présidée par M. le Dr Legludic, adjoint, avec MM. Godard-Faultrier et Dauban pour vice-présidents, avait dans ses attributions l'Exposition des Beaux-Arts modernes et l'Exposition rétrospective. Celle-ci a été préparée et organisée par une Sous-Commission composée de :

MM. Godard-Faultrier, conservateur du Musée Saint-Jean, président;
Célestin Port, archiviste du département de Maine-et-Loire, secrétaire;
Aïvas, architecte;

MM. Debidour, professeur d'histoire au Lycée et à l'Ecole supérieure;
Egger, professeur de philosophie au Lycée;
D'Espinay, conseiller à la Cour d'appel, président de la Commission archéologique;
Guitton, conseiller municipal;
Dr Hébert, conseiller municipal;
D'Houdan;
Vicomte de Ruillé;

auxquels ont été adjoints, sur la demande des membres primitifs, dès le jour où la salle n° 44 nous a été livrée, c'est-à-dire le 27 mars 1877 :

MM. Prosper Lemesle, ancien architecte diocésain;
Valentin Hault-Dupuy;
Auguste Michel fils.

La salle mise à notre disposition par l'Administration municipale, sur la demande de M. Godard-Faultrier, était de dimensions relativement restreintes. Aussi le zèle avec lequel les collectionneurs ont répondu à notre appel nous a-t-il obligés à en utiliser toutes les ressources : pas un pouce de muraille, pas un coin de vitrine qui n'ait été mis à profit. Pourtant l'encombrement a pu être évité, la Commission de l'Exposition industrielle nous ayant permis de disposer des murailles inoccupées dans les autres salles du Palais de Justice, pour y exposer une partie des tapisseries de Mme Brunée et des ornements d'église de M. de Farcy.

Les 337 numéros du Catalogue donnent une faible idée de la richesse de la collection que nous avons pu réunir, chaque numéro correspondant d'ordinaire à un assez grand nombre d'objets, et la Sous-Commission

ayant dû, pour plusieurs collections, se borner à une description sommaire, faute de temps et par suite de l'insuffisance des renseignements fournis par les exposants [1]. Plus de 2,000 objets nous ont été apportés et ont été jugés dignes de figurer à l'Exposition. Le plus grand nombre appartient à des collectionneurs d'Angers ou du département. Mais les départements voisins ont également fourni leur contingent : M. Marionneau, de Nantes, nous a envoyé une partie de sa curieuse collection, véritable *musée cantonal*, composée d'objets de toutes les époques, tous trouvés par lui dans le canton de Vertou [2]; et, grâce aux soins de M. Héry, du Mans, nous avons pu admirer ce que les collections privées de cette ville possèdent de meilleur en fait de tableaux et de céramique. Nous devons des remercîments particuliers aux exposants étrangers au département, qui ont estimé assez haut notre hospitalité pour livrer leurs fragiles trésors aux dangers d'un double voyage.

Notre Exposition est la cinquième de ce genre que voit la ville d'Angers : 1839, 1842, 1858, 1864 [3], 1877, ce sont là des dates qui marquent les progrès dans notre pays de l'esprit archéologique; j'entends par là,

[1] MM. Aug. Michel et Egger ont été spécialement chargés des soins à donner à l'impression du Catalogue.

[2] Voir la brochure intitulée : *Collection archéologique du canton de Vertou (Loire-Inférieure) ou description raisonnée des objets et documents historiques recueillis dans ce canton*, par Ch. Marionneau, président de la Société archéologique de Nantes; 1877. (Extrait du *Bulletin de la Société archéologique de Nantes.*)

[3] Voir les rapports de M. Godard-Faultrier sur l'Exposition de 1864, dans le *Répertoire archéologique*; sur l'Exposition de 1858, dans les *Mémoires de la Société Industrielle.*

non pas seulement la science qui interprète, mais aussi le respect qui conserve et la curiosité qui cherche, qualités modestes et précieuses, à la portée de tous, sans lesquelles la science proprement dite manque de base. M. Godard-Faultrier, président-rapporteur, constatait ce progrès en 1864. Votre Rapporteur d'aujourd'hui ne peut se borner à constater que le progrès a continué, et que la cinquième Exposition a dépassé ses aînées; il lui est permis d'ajouter en votre nom, ce qui est dans la pensée de tous, que l'honneur d'avoir développé en Anjou l'esprit archéologique sous toutes ses formes revient à notre cher et vénéré président, à l'organisateur des expositions toujours plus riches de 1839, 1842, 1858, 1864 et 1877, à M. Godard-Faultrier.

Le progrès dont je parle, les expositions rétrospectives n'ont pas seulement pour rôle de le rendre visible à tous les yeux; elles y contribuent dans une certaine mesure, en montrant le respect intelligent des œuvres du passé placé au même rang que l'esprit créateur dans les arts et dans l'industrie, en développant le goût des collections, en suscitant des comparaisons et des interprétations. Notre œuvre, dispersée demain, n'aura donc pas été sans utilité pour la science, et les récompenses que nous avons décernées aux exposants seront reçues par eux, nous l'espérons, non-seulement comme le remercîment de la ville d'Angers qui leur a dû pour une part le succès de son Exposition, mais aussi comme un témoignage de reconnaissance de la part de la science archéologique, heureuse de rencontrer en eux des auxiliaires et des amis.

La répartition des récompenses a été faite par la Sous-Commission, constituée en Jury par une décision

de l'Administration municipale, avec l'adjonction de M. Dauban, dont la compétence artistique nous a été précieuse, principalement pour l'appréciation des tableaux anciens. Les membres du Jury ont été, selon l'usage, considérés comme *hors concours*.

Le 9 juin, la liste des récompenses a été arrêtée ainsi qu'il suit :

Diplômes d'honneur.

M. Louis de Farcy, à Angers. — Tapisseries, meubles anciens, ornements d'église, bijoux mérovingiens, monnaies gauloises, etc.

M. Charles Lair, à Blou (Maine-et-Loire). — Faïences, étoffes anciennes, etc.

Médaille d'or.

M. Mordret, président du tribunal de Saumur. — Emaux, etc.

Médailles de vermeil.

M. Belouin, à Angers. — Monnaies anciennes et du moyen-âge, sceaux et cachets, objets préhistoriques, etc.

M^me^ veuve Brunée, à Angers. — Tapisseries.

M. Colman, à Angers. — Faïences, tableaux, etc.

M. Lamarque, conseiller à la Cour, à Angers. — Faïences, etc.

M. Laroche, à Trélazé. — Réduction en liége de l'amphithéâtre d'Italica, en Espagne, donnée au Musée d'Angers par l'auteur.

M. de Maisonneuve, au Mans. — Tableaux.

M. Marionneau, à Nantes. — Musée archéologique du canton de Vertou.

M. de Vauguyon, au Mans. — Tableaux et armes.

Médailles d'argent.

M. Bailly, à Angers. — Tableaux.

M. Bouchard, à Angers. — Faïences de Nevers.

M. Duburgua, lieutenant-colonel du 77e, à Angers. — Vases étrusques, armes, etc.

Mme de Foulques, au Mans. — Tableaux.

M. Héry, au Mans. — Faïences, etc.

M. Charles Huard, à Angers. — Tableaux.

M. Jarry, à Angers. — Faïences.

M. Adolphe Singher, au Mans. — Faïences.

Médailles de bronze.

M. d'Achon, à la Roche-de-Gennes. — Objets romains, mérovingiens et du moyen-âge.

M. Bouchereau, à la Roche-sur-Yon. — Retable du XIIIe siècle.

M. Christoflau, au Mans. — Bijoux du XVIIIe siècle et tableaux.

M. Falier, au Mans. — Buste en faïence de Rouen, tableau hollandais.

M. Jules Huart, à Angers. — Plat de Faënza.

M. Lallemand de Fréminet, au Mans. — Miniatures, etc.

M. de Pignerolles, à Angers. — Meuble italien sculpté.

M. Singher père, au Mans. — Tableaux.

M. Soyer, au Mans. — Faïences.

Mentions honorables.

M. Adant, à Angers. — Faïences de Nevers, etc.

M. Babin, à Tigné. — Objets préhistoriques, monnaies gauloises.

M. Bertin, à Angers. — Plat de Palissy.

M. Blavier, à Angers. — Tableaux.

M. Cattermole, à Angers. — Faïences italiennes.

M. de Galembert, à Parpacé (Maine-et-Loire). — Emaux, etc.

M. Marius Horst, à Caen. — Meuble de Boule, restauré par l'exposant.

M. Leddet, conseiller de préfecture, à Angers. — Terres-cuites de Nini, etc.

M. Albert Prieur, à Angers. — Heurtoir du XVI^e^ siècle.

II.

Le catalogue ayant dû être rédigé, pour simplifier le travail, d'après l'ordre d'entrée des objets, on nous saura peut-être gré de faire ici une revue sommaire et, autant que possible, méthodique, des objets les plus remarquables.

ÉPOQUES PRÉHISTORIQUES.

1° *Époque de la pierre taillée.*

Spécimens du Grand-Pressigny (M. Belouin, n° 41); du canton de Vertou (M. Marionneau, n° 201 [1]); grattoirs (M. Babin, n° 18); etc.

M. Ch. Lair a exposé vingt-deux échantillons du Danemark, précieux comme moyens de comparaison avec les types français (n° 91).

[1] Sur tous les objets exposés par M. Marionneau, voir la brochure citée plus haut.

2° *Époque de la pierre polie.*

Polissoir en grès (M. Babin, n° 18).

Haches de diverses provenances, exposées par MM. Babin (n° 18), Belouin (n° 41), Marionneau (n° 201), etc. — A comparer au n° 265 (M^me^ Giraud-Lesourd) qui vient de Saint-Domingue.

3° *Époque du bronze.*

Haches, exposées par MM. Belouin (n^os^ 39 et 40), Marionneau (n° 201), Duburgua (n° 145).

Epée (M. Belouin, n° 39).

ÉPOQUE GAULOISE.

Citons d'abord la belle collection de monnaies gauloises formée à Bayeux par M. Paul de Farcy et exposée par son frère (n° 309); il faut y joindre un *torques* en or de la même provenance et de la même collection (n° 344).

M. Belouin (n° 48), M. Babin (n° 18), M. Marionneau (n° 201), ont exposé des monnaies gauloises de notre région.

Statuette de Vénus en terre de pipe, et divers objets en bronze (M. Aug. Michel, n° 14).

Lances (M. Belouin, n° 39).

ANTIQUITÉS GRECQUES ET ROMAINES.

La place d'honneur revient ici à M. Duburgua. Lorsqu'il faisait partie du corps d'occupation des Etats Romains, M. Duburgua eut l'heureuse fortune de séjourner à Corneto, dans le voisinage d'un ancien cimetière étrusque, et l'inspiration plus heureuse encore de faire

exécuter par ses soldats quelques fouilles, qui, sur un pareil sol, ne pouvaient manquer d'être fructueuses. Grâce à lui, nous pouvons admirer des échantillons variés et pleins de caractère de l'art céramique des anciens (nos 219 à 223). Signalons entre tous le vase noir fait à la main, sans ornements ni peintures, vénérable témoin des premiers essais de l'art du potier; cette pièce remarquable rejoint par son antiquité les objets préhistoriques (n° 219).

Parmi les bronzes de la même provenance qu'expose M. Duburgua (nos 145 et 146), il faut citer le pied de vase décoré d'une griffe et d'un lion, magnifique exemple de l'art étrusque.

Les poteries de Corinthe, de Mme Giraud-Lesourd (n° 264), ont été généreusement données par elle au Musée Saint-Jean.

Deux statuettes en bronze, à M. Paul de Farcy (n° 324), représentent Bacchus et un Génie ailé; malgré leur petite taille, ces deux figures ont toute la perfection des chefs-d'œuvre de l'art antique, noble et presque religieux dans les formes amples du Bacchus, spirituel et gracieux dans l'enfant ailé.

Un cachet d'oculiste romain, trouvé au château de Bayeux, au même collectionneur (n° 324).

M. V. Egger a exposé une tête d'Hercule Lydien, petite terre-cuite grecque du plus fin modelé (n° 26); — une carte électorale (ou pièce d'état civil) d'un citoyen d'Athènes [1], en bronze (n° 239); — enfin une série de monnaies grecques, choisies uniquement pour la beauté

[1] Expliquée par M. E. Egger, membre de l'Institut, dans ses *Mémoires d'histoire et d'archéologie.*

de leurs types et destinées à montrer à quel degré de perfection les artistes grecs se sont élevés en ce genre de gravure (n° 240).

M. Belouin : des poteries romaines (n° 39); — une vitrine de monnaies romaines, or, argent et bronze (n° 48).

M. Colman : monnaies d'or romaines (n° 164).

Citons enfin l'admirable réduction en liége de l'amphithéâtre d'Italica (près Séville), œuvre de M. Laroche, de Trélazé (n° 10). Cette œuvre d'art, de science et de patience, fera désormais un des plus beaux ornements de notre Musée Saint-Jean, grâce au don généreux qu'en a fait l'auteur à la ville d'Angers.

CIVILISATION GALLO-ROMAINE.

Vases, dont un avec inscription (M. Belouin, n° 41).

Bronzes (M. Aug. Michel, n°s 14 et 72).

Stèle funéraire représentant une femme assise. (M. Marionneau, n° 201).

ÉPOQUE MÉROVINGIENNE.

Briques avec ornements (M. Marionneau, n° 201).

Agrafe de baudrier, trouvée à Gennes (M. d'Achon, n° 229) [1].

Objets divers trouvés à Bayeux, collection Paul de Farcy (n° 324).

[1] Voir sur cet objet M. Godard-Faultrier, *Répertoire archéologique de l'Anjou*, 1864, p. 247.

Pour les objets du moyen âge et des temps modernes en Europe, nous adopterons la division par catégories.

1° Meubles et Boiseries.

M. de Farcy a exposé une riche collection de coffres et de panneaux sculptés des XV^e^ et XVI^e^ siècles (n^os^ 23, 25, 285). Le plus remarquable est le devant de coffre qui représente l'histoire d'Adam et d'Eve. — Rattachons à cette série le parement d'autel en bois sculpté, de la même collection (n° 272).

Deux portes, style Renaissance (M^lle^ Gaillard, n° 187).

Voir encore les n^os^ 33 (M. Belouin), 63 à 65 (musée diocésain), 288 (M^me^ de La Haye), 291 (M. du Mas).

Le grand cabinet en ébène, exposé par M. de Pignerolles (n° 5), est un bel exemplaire, bien qu'inégal, de ce genre de productions de l'art italien au XVII^e^ siècle; les gravures des portes et la frise sculptée méritent d'être admirées par les connaisseurs.

Un meuble de Boule en ébène, auquel des arabesques et des figures incrustées en cuivre font une décoration du goût le plus fin et le plus spirituel, très-habilement restauré par M. Marius Horst, de Caen (n° 159).

Boiseries de David le père : n° 235, un fragment de cadre de la plus grande finesse; n^os^ 42 et 46. (Cf. n° 204).

Rattachons aux meubles une série intéressante de *coffrets* en fer et en cuir (n^os^ 20, 42, 257, 258). Le n° 16 est remarquable par ses sculptures en pâte sur fond de bois, sculptures malheureusement incomplètes : on reconnaît pourtant l'histoire d'Actéon naïvement représentée; ce coffret est italien, du XV^e^ siècle.

2° Tapisseries.

La plus originale est celle du XV^e^ siècle qui représente *un navire arrivant au port* (ou plutôt *quittant le port*, comme semble l'indiquer le mot *espérance*). C'est un véritable tableau ; les figures en sont expressives comme des portraits. Il serait intéressant de retrouver l'événement historique dont ce fragment était destiné à conserver le souvenir (M. de Farcy, n° 22).

Bien intéressante encore, mais moins mystérieuse, parce qu'elle est complète, est la *Vie de saint Guillaume, duc d'Aquitaine*, longue bande à scènes multiples exécutée au XVI^e^ siècle, qui porte les armoiries de plusieurs familles de Touraine (M. de Farcy, n° 273).

Le combat des vices et des vertus, trois grandes tapisseries allégoriques, avec légendes, de la fin du XV^e^ siècle, provenant du château de Landifer, près Baugé (M. de Farcy, n° 22).

M^me^ Brunée restaure les anciennes tapisseries avec une perfection telle que l'on peut dire qu'elle a presque retrouvé cet art perdu. Il appartenait au jury de l'industrie d'apprécier et de récompenser son mérite industriel. Notre rôle, à nous, est de signaler aux connaisseurs la riche collection d'anciennes tapisseries, restaurées ou destinées à l'être, qu'elle a rassemblée pour l'Exposition rétrospective (n^os^ 296 à 300, 302). Plusieurs des pièces exposées ont été sauvées par M^me^ Brunée d'une destruction certaine; retrouvées en lambeaux, elles ont été reconstituées avec une telle sûreté de goût qu'il est presque impossible aujourd'hui de reconnaître les points de suture. Le XVI^e^ siècle est représenté surtout dans cette

belle série par de grandes chasses mythologiques, le XVIII^e^ par d'aimables bergeries ; nous renonçons à une énumération complète ; plusieurs tapisseries, d'ailleurs, se prêtent difficilement à la description ; le *sujet religieux* du n° 302 est bien obscur : qu'est-ce que ces enfants en prière devant une grille?

3° Étoffes.

Nous rencontrons ici deux séries de premier ordre, l'une d'étoffes religieuses, à M. de Farcy, l'autre d'étoffes mondaines, à M. Lair.

La vitrine de M. Lair (n^os^ 83 à 90, 331) présente un choix des plus beaux spécimens de l'art italien et de l'art français aux XV^e^, XVI^e^ et XVII^e^ siècles. — A compléter par les n^os^ 21, 22 et 75, à M. de Farcy.

Moins artiste peut-être, mais plus archéologue dans ses choix que M. Lair, M. de Farcy a disposé dans l'ordre chronologique une riche série d'ornements d'église qui commence au XIII^e^ siècle pour se terminer au XVIII^e^ (n^os^ 274 à 277.) Cette série, complétée par de nombreuses pièces que leurs dimensions ont forcé à exposer isolément (n^os^ 272, 274, 278, 279, plus une partie du n° 331, à M. Lair), forme comme une histoire vivante de l'art religieux durant une période de six siècles.

4° Armes.

Nous devons notre panoplie à MM. Duburgua (n° 218), Hanck (n° 266), de Vauguyon (n° 241), d'Achon (n° 229) et Belouin (n° 42). Remarquer le fusil de chasse, avec ornements en acier, de M. de Vauguyon, et la miséricorde italienne de M. d'Achon.

5° Objets divers en métal.

Carcan de justice seigneurial (M. Marionneau, n° 201).

Collection de serrures des XV^e^ et XVII^e^ siècle, à M. de Farcy (n° 281).

Bouclier du XVI^e^ siècle (M. Belouin, n° 42).

Statuette en cuivre doré représentant saint Sébastien, reliquaire du XVI^e^ siècle (M. Aug. Michel, n° 92).

Heurtoir du XVI^e^ siècle (M. Alb. Prieur, n° 27). Ce beau morceau, ainsi désigné au catalogue, est considéré par quelques personnes comme un travail florentin du XVII^e^ siècle.

Bénitier en cuivre, du XVIII^e^ siècle, très-élégant (M. Savaton-Varannes, n° 71).

Citons enfin la pendule du ministre Choiseul, avec ses deux cariatides en cuivre d'un si beau mouvement (M. Rogeron, n° 120).

6° Monnaies et Médailles.

Collection Belouin, riche surtout en monnaies angevines (n° 48, complété par le n° 39).

Monnaies d'or françaises et médailles (M. Colman, n° 164).

La collection de sceaux et cachets de M. Belouin mériterait une description étendue. Le catalogue a du moins décrit les pièces les plus importantes (n° 45).

7° Sculptures.

Le poids des œuvres d'art de ce genre explique facilement comment notre exposition en a reçu un si petit nombre. Mais ce sont deux morceaux de choix que la

tête de satyre en marbre, dans le style du Puget, exposée par M. Héry (n° 248), et le portrait d'homme, également en marbre, tête grave et fine, si vivante, qui fait partie de la collection Mordret (n° 309)[1].

La terre-cuite n'est représentée que par six médaillons de Nini, à M. Leddet (n° 336).

Un *cordelier*, jolie statuette en ivoire, à M. Christoflau (n° 253).

8° Tableaux et Dessins.

Le plus ancien de nos tableaux, le retable du XIII° siècle, qui représente la vie de saint Pierre (n° 9), est un morceau inédit, et du plus grand prix pour l'histoire des origines de la peinture moderne ; il comprend neuf compositions, chacune accompagnée d'une légende. Il mériterait une étude approfondie, tant au point de vue paléographique et historique qu'à celui des procédés techniques. Exposé par M. Bouchereau, il est devenu la propriété de M. de Farcy. Il est regrettable que la partie centrale, seule exposée et seule acquise par M. de Farcy, ait été séparée de ses annexes.

Avant d'arriver aux écoles proprement dites, citons les torches en cuivre qui servaient aux corporations d'Angers dans les anciennes processions (M. Belouin, n° 44). Celle qui représente un chandelier dans l'exercice de sa profession est un précieux exemple de cette manière simple et vraie, saisissante à force de sincérité, qui était naturelle aux moins savants des peintres français d'autrefois, et dans laquelle les Lenain se sont élevés jusqu'à l'éloquence.

[1] Ne serait-ce pas le même qui a été exposé en 1853 comme buste de Monge, sous le n° 397 ?

Le tableau exposé par M. de Montozon sous le titre de *Diane de Poitiers* (n° 15), a été l'objet de nombreuses discussions. Il séduit par la pose, le geste, l'expression du profil ; tout cela est d'un maître ; mais, dans plusieurs parties, le dessin est d'une incorrection manifeste. Selon les juges les plus compétents, ce serait la copie de l'œuvre perdue d'un maître italien de la meilleure époque.

École italienne.

Éliézer et Rébecca, à M. Charles Huard (n° 82), est une page magistrale dont l'inspiration vénitienne est incontestable ; la couleur est chaude, les figures de grandeur naturelle. L'attribution au Tintoret pourra être contestée, mais elle ne doit pas être écartée sans discussion [1].

Vierge de saint Luc, d'une expression touchante, à M. Lamarque (n° 156).

Carpi, *La mère* (M. Colman, n° 30) : un Corrège affaibli.

La *Vierge* de Sasso-Ferrato, à M. Héry (n° 260), est un des meilleurs tableaux de ce peintre souvent trop fade.

L'*Assomption*, du xv[e] siècle, à M. Lemesle (n° 169), a surtout un intérêt archéologique.

Le *Baptême de Clovis*, au même (n° 170), beau dessin italien.

[1] Voir sur ce tableau une notice accompagnée d'une lithographie au trait de P. Hawke, dans les *Souvenirs de l'Exposition de peinture et de sculpture de* 1839, Angers, grand in-8°.

École espagnole

Saint François-Xavier, attribué à Ribera (M. Blavier, n° 133), sombre peinture ascétique qui dit fortement ce qu'elle veut dire.

Écoles flamande et hollandaise.

Rembrandt, buste d'un pèlerin (M. Christoflau, n° 249).

Van Eckout, portrait d'un bourgmestre, peinture saine et vivante (M. Singher, n° 251).

Portrait de Cromwell (?), petit cuivre flamand octogone, à M. de Montozon (n° 15).

Deux curieux intérieurs flamands, formant pendants et de la même main; la signature que porte l'un d'eux pourra être déchiffrée ; le premier représente le peintre dans son atelier, le second le cabinet d'un médecin *jugeur d'eaux* (M. Perdriau, n° 98).

Vanitas, sorte de bric-à-brac allégorique avec une tête de mort au centre; chaude couleur et relief puissant (M. Falier, n° 242).

Parmi les paysages, nous nous bornerons à signaler celui de Salomon Ruysdael, à M. Héry (n° 260), et celui de Van Stry, à M. de Maisonneuve (n° 259).

On peut sans crainte qualifier de chefs-d'œuvre la *Nature morte* de David de Heem, et les *Fleurs dans un vase* de Verandael, deux petits cadres qui font partie de la collection de M. de Vauguyon (n° 250). — Nous les préférons au grand tableau d'Abraham Mignon, *Fruits et insectes*, d'une exécution prodigieusement habile, mais

trop consciencieuse (M. de Maisonneuve, n° 259). — Plus libre et d'un effet égal est la facture du grand tableau de fleurs de Van Spaendonck (M. Christoflau, n° 249).

Terminons par un peintre du XIX^e^ siècle, peu connu en France, Jacques Maes, dont le tableau allégorique, malgré tous les défauts du genre, séduit l'œil par quelques qualités brillantes (n° 74).

École française.

Hyacinthe Rigaud, portrait de Lallemand de Rivière, à M. Colman (n° 30).

Nattier, portrait de la marquise de Poyanne, clair et brillant (M^me^ de Foulques, n° 247).

Malgré toute sa distinction, cette peinture un peu froide est éclipsée par le merveilleux portrait de femme de Santerre, dont l'heureux possesseur est M. de Vauguyon (n° 250). La composition, toute en largeur, est à elle seule une hardiesse ; le costume, de fantaisie, ne rappelle aucune des modes du XVIII^e^ siècle ; la tête, ovale et brune, de type italien, est comme portée sur une collerette blanche qui en fait ressortir toutes les finesses. Conçu dans une gamme sombre, ce portrait est d'une vie, d'une intimité, d'une séduction extraordinaires. L'attribution à Santerre ne peut être contestée ; outre qu'il a un air de famille avec la *Suzanne* bien connue du Louvre, « il existe dans l'église de Saint-Malo un tableau religieux de Santerre, incontesté, où l'on retrouve *la main sur le mouchoir blanc* ; elle semble copiée sur le portrait ». Enfin, ce qui est décisif, M. de Vauguyon en possède la gravure ; elle porte au bas les

noms de Santerre et du graveur Château, avec la date 1710, et ces vers :

Iris, à la faveur de ce déguisement
Vous voulez éprouver si votre amant vous aime ;
L'amant rit de vous voir rivale de vous-même ;
Mais il vous tromperait tous deux également
S'il laissait plus longtemps durer le stratagème.

Mais quelques personnes ont émis l'opinion que ce portrait est une copie ; M. de Vauguyon, dans une lettre rendue publique, leur oppose les faits suivants : « J'ai acheté ce tableau il y a vingt-cinq ans à un amateur très-distingué du Mans, M. de Saint-Rémy ; il sortait de la maison de Bellefille, où il figurait, bien avant la Révolution, parmi les portraits de famille, sous le nom de Lady Talex [1] ». Si c'est une copie, ce qui sera difficile à démontrer, c'est du moins une copie ancienne et qui vaut bien des originaux.

M. Bailly a exposé (n° 38) un admirable *Orage sur mer* de Joseph Vernet, — un beau Vanloo, *Le départ d'Ulysse*, — et un assez étrange tableau biblique qui mériterait de ne pas rester anonyme ; il est signé du monogramme : NVF ; le catalogue l'attribue à tort à Vien, qui s'appelait Joseph-Marie, et non Nicolas.

Demarne, *La visite du saltimbanque* (M. de Maisonneuve, n° 259), petite toile pétillante de malice et d'esprit. — La sépia de Ville fils (M. Chudeau, n° 55) qui représente un arracheur de dents et des paysans, appartient à la même inspiration.

Greuze, une des têtes d'enfant de la *Malédiction*

[1] Ce nom n'est-il pas écrit selon la prononciation française? — Ces détails sont empruntés à une lettre de M. de Vauguyon, publiée dans le *Journal de Maine-et-Loire* du 7 juin 1877.

exécutée de grandeur naturelle (M. Christoflau, n° 249).

Vallière, de Chartres, portrait d'*une citoyenne*, dessin rehaussé, à M. Aug. Michel (n° 67).

Portrait de femme, aquarelle fine et charmante du graveur Chataigner (M. Dauban, n° 127).

Le dessin de Gauthier (n° 204), *Boiseries de la cathédrale d'Angers*, est un précieux document historique.

9° Miniatures.

Isabey est représenté dans notre exposition par le portrait de Pie VII du musée diocésain (n° 65), et un portrait d'homme (M. Lallemand de Fréminet, n° 246); — Augustin, par un portrait d'enfant (id.); — Sicardi, par un superbe portrait d'homme (M^me^ Pourmarin, n° 125).

Plus ancien est le charmant portrait de femme en costume du XVIII^e^ siècle, qui appartient à M. Chudeau (n° 206). — Il en est de même des portraits de M. et M^me^ Allard, par Dubourg, à M. Dedouvres (n° 211), merveilles de finesse et d'esprit, d'une touche plus libre et d'une gamme plus claire que les miniatures du début de ce siècle.

10° Emaux.

Pyxide, émail champ-levé du XIII^e^ siècle, à M. Duburgua (n° 146).

Peu de collections en Europe peuvent rivaliser, pour les émaux de Limoges, avec celle de M. Mordret; la vitrine où il a exposé une partie des richesses rassemblées par son père, est, aux yeux des connaisseurs, le plus bel écrin de notre exposition (n^os^ 140 à 144, 152 à

155, 174 et 175). Ici nous ne pouvons décrire. Signalons pourtant le grand plat au Laocoon, les deux plaques rectangulaires qui portent des figures de femmes aux draperies flottantes (œuvre du 3e Penicaud), les deux grandes compositions qui représentent *la Pentecôte*, *Jésus et les Saintes Femmes*. L'admirable tête de femme, dite *Diane de Poitiers*, n'est-elle pas un travail italien?

L'émaillerie de Limoges est encore représentée dans notre exposition par plusieurs œuvres de Jean Laudin, appartenant à MM. de Galembert et Dolbeau (nos 6 et 176), et par quelques pièces de la collection Belouin (n° 39); au milieu de ces dernières on trouvera une magnifique coupe représentant *Neptune et Amphitrite*, œuvre relativement récente d'un artiste inconnu, digne émule des maîtres limousins.

Dans le genre Petitot, M. Mordret expose une plaque où se trouvent réunis les portraits de dix femmes célèbres du siècle de Louis XIV, Mmes Dacier, de Maintenon, de Sévigné, Deshoulières, etc. (n° 141).

11° Céramique.

C'est là sans contredit la section la plus riche et la plus brillante de notre exposition. Jamais Angers n'avait vu une pareille réunion de pièces de toutes les écoles, curieuses à divers titres, les unes par leur ancienneté ou leur valeur historique, les autres comme objets d'art : parmi celles-ci, les chefs-d'œuvre ne peuvent se compter, tant a été ingénieuse et féconde aux siècles derniers l'imagination décorative des céramistes français de Rouen, de Nevers, de Strasbourg, etc., et tant l'émulation a été grande parmi les amateurs de la ville et des

environs pour nous envoyer les plus beaux échantillons de leurs collections.

Ce succès est dû avant tout à M. Lair, collectionneur passionné et, ce qui vaut mieux, connaisseur plein de tact et de goût en ce genre d'objets. La vitrine qu'il a spécialement consacrée aux assiettes de fabrique française doit être citée comme un modèle d'arrangement, et chacune des pièces qu'elle renferme est un spécimen de premier choix du genre qu'elle représente. Le reste de la collection de M. Lair, dispersé dans diverses vitrines autour de celle que nous venons de citer, comprend des plats, des vases, des bustes, etc., faïences françaises; des assiettes de Delft et de Marieberg (Suède), des aiguières de fabrique bavaroise; toutes pièces d'une parfaite conservation, et presque toutes d'un art achevé (nos 58 à 62, 80 et 81, 314 ter, 316 à 321, 325 à 330).

Après la collection Lair, il faut citer celles de M. Lamarque, riche surtout en faïences de Moustier (nos 147 à 151, 172, 178, 196 à 199, 280); — de M. Colman (nos 31, 35 à 37, 105, 181, 210, 215); — de M. Aug. Michel (nos 92 à 96, 130); — et la vitrine où M. Héry a très-artistement disposé les richesses des principales collections du Mans : au milieu de cette vitrine, à la place d'honneur, se trouve un magnifique buste en faïence de Rouen, un *Mars* cuirassé et casqué, qui appartient à M. Falier (n° 242); sur le devant, les connaisseurs ont admiré et envié à M. Soyer une splendide assiette de Rouen, dont les exemplaires sont aujourd'hui introuvables (n° 244). Les autres objets de cette vitrine appartiennent à MM. Héry, Ad. Singher, Lallemand de Fréminet, Christoflau et Soyer (nos 243 à 246, 253 à 256).

M. Cattermole nous a fourni une curieuse série de faïences italiennes (nos 157 et 158, 311); à laquelle il faut rattacher : une belle coupe qui appartient à M. Colman (n° 31), quelques pièces de la collection Lamarque, et surtout le magnifique plat de Faenza, à M. J. Huart (n° 184), qui représente *Moïse sur le Sinaï*, vaste composition où le grand nombre des personnages ne nuit en rien à l'effet décoratif.

Citons encore les curieux objets exposés par M. Jarry (nos 193 et 194, 200, 205), — les beaux plats de Strasbourg, à M. Mourin (n° 289), — le grand plat vert de Nevers, d'un si bel effet, à Mme Vidal (n° 34).

L'école de Palissy, déjà représentée dans la collection Colman par un carreau d'Ecouen (n° 163), et dans celle de M. Lair par un compotier à mascarons (n° 321), a produit peu de plus beaux morceaux que le plat au serpent de M. Bertin (n° 262). — On le comparera avec intérêt au plat d'Avisseau père, qui appartient à la Société Industrielle (n° 301).

Terminons par le plateau de soupière, porcelaine de Saxe, à M. d'Achon (n° 325), admirable reproduction d'un des plus beaux tableaux de Watteau.

Il faudrait faire une catégorie à part pour les faïences *parlantes* ou *historiques* de Nevers, dont M. Bouchard a réuni une série des plus intéressantes (nos 121 à 124, 135 et 136, 171, 177, 183, à MM. Bouchard, X., Mme Godard-Faultrier), complétée par l'exposition de M. Adant (nos 185 à 189, 191, 208, 237); plusieurs sont précieuses pour l'histoire de notre région.

Les objets orientaux sont peu nombreux dans notre exposition. Il n'y a guère à citer en ce genre que la

ion de M. de la Boissière (n° 28) et deux bronzes
is exposés par M. Egger (n° 113).

s d'un objet curieux, surtout parmi ceux de petite
sion, a sans doute été omis dans cette revue trop
. Leurs possesseurs voudront bien nous excuser,
igeant à la richesse et à la variété de notre expo-
et surtout à l'incompétence trop fréquente du
rteur, mal préparé par ses études ordinaires à
he que la confiance de ses collègues lui avait
ée.

EXPOSITION

DES

BEAUX-ARTS

PRÉSIDENTS D'HONNEUR :

MM. Le baron DE REINACH, Préfet de Maine-et-Loire;
JAC, premier président de la Cour d'appel d'Angers;
Achille JOUBERT, sénateur;
A. MAILLÉ, député;
Jules LENEPVEU, membre de l'Institut, directeur de l'École française à Rome.

PRÉSIDENT :

M. E. MOURIN, maire d'Angers.

REGLEMENT

Dispositions générales.

ARTICLE PREMIER. — A l'occasion du Concours régional, une Exposition des Beaux-Arts s'ouvrira à Angers le 19 mai 1877; elle durera au moins un mois.

ART. 2. — Cette exposition sera divisée en deux sections, *moderne* et *rétrospective*.

ART. 3. — Les exposants devront adresser, le plus tôt possible, au Président de leur section respective, à l'Hôtel-de-Ville, l'avis descriptif des envois qu'ils ont l'intention de faire, en remplissant exactement le bulletin de déclaration joint au présent règlement.

ART. 4. — Les envois devront parvenir au Président de chaque section, *au Nouveau Palais de Justice*, du 10 avril au 1er mai 1877, dernier délai.

ART. 5. — La Commission donnera tous ses soins à la conservation des œuvres et objets d'art qui lui seront confiés, mais elle n'assume aucune responsabilité pour leur transport aller et retour, ni pendant leur séjour au Palais de l'Exposition.

ART. 6. — Les ouvrages et les objets exposés ne pourront être retirés avant la clôture de l'Exposition, ni reproduits sans l'autorisation de l'auteur ou du propriétaire.

ART. 7. — Le prix des entrées, les dispositions relatives aux cartes d'entrée, aux loteries d'œuvres d'art et à leur acquisition seront l'objet de décisions émanant de l'Administration municipale.

EXPOSITION MODERNE.

ART. 8. — Seront admises après examen de la Commission, les œuvres des artistes vivants dans les genres ci-après :

Peinture, sculpture, architecture, dessin, gravure, aquarelle, pastel, miniature et lithographie.

ART. 9. — Chaque artiste ne devra présenter que deux œuvres en chaque genre ou en tout trois du même genre.

ART. 10. — Ne seront pas acceptés :

Les ouvrages anonymes ;

Ceux déjà exposés à Angers ;

Les copies, excepté celles en un genre différent de l'original ;

Les tableaux ou dessins sans cadre, ceux ovales ou ronds devront être appliqués sur panneau carré.

ART. 11. — Chaque envoi devra être précédé d'une notice signée de l'auteur ou de son mandataire, indiquant ses noms et prénoms, sa demeure, les récompenses qu'il a obtenues précédemment, le sujet des œuvres envoyées, et, s'il le désire, le prix qu'il en demande.

ART. 12. — Les frais de port, aller et retour, seront supportés par l'Exposition pour les œuvres des artistes invités par lettre personnelle et pour toutes celles admises par la Commission.

Les exposants auraient à s'entendre avec le Président, avant envoi, pour les tableaux dépassant 2 mèt. 50 et pour les sculptures pesant plus de 300 kilos.

ART. 13. — La Commission des Beaux-Arts recevra sous le titre d'*Arts industriels* :

La photographie, les produits de l'art céramique, les émaux, vitraux peints, bijoux et bois sculptés. Elle sera

juge de la valeur plutôt artistique qu'industrielle des objets présentés sous ce titre.

Ces envois auront lieu aux frais des exposants.

ART. 14. — Des médailles d'or, vermeil, argent et bronze ainsi que des mentions honorables seront décernées aux exposants.

Les artistes décorés ou médaillés à Paris ne pourront obtenir que des distinctions exceptionnelles.

Un Jury nommé par l'Administration, d'accord avec la Commission, statuera sur toutes les récompenses; il ne pourra en être accordé aucune aux exposants membres du Jury.

EXPOSITION RÉTROSPECTIVE.

ART. 15. — L'Exposition rétrospective recevra :

Les tableaux, sculptures et dessins;

Les meubles et tapisseries;

Les objets céramiques, les mosaïques, émaux, camées, armes et bijoux, et en général les objets présentant un intérêt artistique, archéologique ou historique.

ART. 16. — Chaque envoi devra être précédé d'une notice signée du propriétaire ou de son mandataire, indiquant ses nom, prénoms et domicile, le nombre et la nature des objets présentés et l'espace nécessaire à leur installation.

ART. 17. — Les exposants devront faire parvenir *franco* leurs envois au local de l'Exposition, à l'adresse du Président de la Section.

Les petits objets tels que : camées, médailles, émaux, etc., seront placés sous des vitrines, appartenant à l'Exposition ou aux Exposants.

ART. 18. — Il sera délivré récépissé des objets envoyés qui seront inscrits à leur arrivée sur un registre à souche.

Chaque article portera un numéro d'ordre et mentionnera le nom et le domicile de l'Exposant ainsi que l'indication du lieu de provenance.

ART. 19. — Un Catalogue descriptif sera rédigé par les soins de la Commission du classement; il indiquera le nom et l'adresse des Exposants.

ART. 20. — Des médailles seront distribuées aux possesseurs des principales collections.

ART. 21. — Les objets non réclamés dix jours au plus après l'Exposition seront déposés dans un local provisoire aux frais et risques des propriétaires.

Les membres de la Commission d'organisation :

MM. Dr LEGLUDIC, adjoint au Maire, *président*;

DAUBAN, conservateur du Musée, *vice-président*;

Godard-Faultrier, conservateur du Musée Saint-Jean, *vice-président*;
Vetault, peintre, *secrétaire*;
Célestin Port, archiviste du département de Maine-et-Loire, *secrétaire*;
Georges Cormeray, *trésorier*;
Tancrède Abraham, peintre;
Aïvas, architecte;
Bouhier, conseiller municipal;
Bouriché, sculpteur;
Brunclair, professeur à l'École municipale de dessin et au Lycée;
Daburon, conseiller municipal;
Debidour, professeur d'histoire au Lycée et à l'École supérieure des Sciences et des Lettres;
Egger, professeur de philosophie au Lycée;
D'Espinay, conseiller à la Cour d'Appel, président de la Commission archéologique;
Dr Ambroise Guichard fils;
Guilbault-Bellanger, ancien conseiller municipal;
Guitton, conseiller municipal;
Dr Hébert, conseiller municipal;
D'Houdan;
Vte de Ruillé.

Membres adjoints à la Commission :

MM. Prosper Lemesle, ancien inspecteur diocésain;
Valentin Huault-Dupuy;
Auguste Michel fils.

Vu et approuvé :
Le Maire d'Angers,
E. MOURIN.

Vu et approuvé :
Pour le Préfet de Maine-et-Loire,
Le Secrétaire général délégué,
MONTAUBIN.
Angers, le 3 décembre 1876.

CATALOGUE

DE

L'EXPOSITION RÉTROSPECTIVE

La Commission de l'Exposition rétrospective déclare qu'elle ne prend pas sous sa responsabilité toutes les attributions données par les propriétaires aux objets exposés.

(*Les objets à vendre sont désignés par un* *).

---

1. — M. Félix CADOR, marchand de faïences, à Angers, rue Parcheminerie.

Ivoire : Jésus en croix, saintes femmes à droite, saint Jean à gauche; XV^e^ siècle.

Tableau sur cuivre : Jésus en croix, la Vierge et saint Jean. Ecole flamande; XVII^e^ siècle.

Miniature de Ledou, 1817 : Portrait de femme.

2. — M. GIFFARD, à Angers, place du Château, 16.

Darcy. Peinture : femme turque.

Id. Aquarelle : une forge.

Id. Aquarelle : ronde d'enfants turcs, d'après Decamps.

Buire en grès bleu de Flandre.

3. — M. QUITTERAY, à Tours, rue du Commerce, 1.

Ecole de Velasquez. — Grande dame de la Cour.

Géricault ou Gros (?). — Episode de 1815. Les Alliés en France.

Ecole de Rubens. — Le denier de César.

Watteau (?). — Deux paysages ovales.

4. — M. V. GOUIN, à Angers, rue des Arènes, 44.

Les Croisés devant Jérusalem, dessin de Louis Silvestre.
Plateau, faïence du Croisic, décoré d'une Chimère.
Broc de Nevers; fin du XVII^e siècle.
Seau à rafraîchir, en cuivre argenté; XVIII^e siècle.
Console, époque Louis XV.
Chiffonnière, marqueterie; époque Louis XV.
Bol, Japon.

5. — M. de PIGNEROLLES, représenté par M. de la Boissière, à Angers, boulevard des Lices.

* Cabinet italien, ébène, décors gravés et figures en ronde bosse; fin du XVI^e siècle.
Deux panneaux octogones, ébène sculpté : Jugement de Pâris; chasteté de Diane; fin du XVI^e siècle.

6. — M. le comte de GALEMBERT, au château de Parpacé (Maine-et-Loire).

Deux émaux de Limoges, de Jean Laudin : *Mater Dei; Ecce Homo.*
Heures de la Vierge, incunable avec miniatures de Simon Vostre; XVI^e siècle. Reliure à petits fers.
Une Paix, ivoire sculpté; XV^e siècle.
Coffret recouvert d'une étoffe filigrane orientale.

7. — M^me FAUGERON, à Angers, rue des Arènes, 29.

Gros (?). — Portrait du premier Consul.
Montre Louis XV.
Montre d'or Louis XVI.

8. — M. MAROLEAU, à Angers, rue des Champs-Saint-Martin.

Deux gravures de Giuseppe Vasi : Intérieur de Saint-Pierre, 1775; place Saint-Pierre, 1774.
Cabinet japonais.

9. — M. BOUCHEREAU, marchand d'antiquités, à la Roche-sur-Yon.

* Jules Coutant. — Chien et chat, tableau (1862).
* Portrait de Charette (?), tableau sur bois.
* Keyser (école de Delacroix). — Tête d'étude.
* Longuet. — Rendez-vous de chasse.
* Peinture sur verre du XVIII^e siècle : Enée et ses compagnons reçus par Didon.
* Vieille peinture sur bois : l'Air (suite des Quatre Eléments).
* Retable, sur bois : la Vie de saint Pierre; XIII^e siècle.

Ce curieux monument des origines de la peinture en France, est inédit. Il est daté avec certitude par les caractères paléographiques de ses légendes, dont nous allons donner un premier essai de déchiffrement.

Il comprend neuf compositions, une au milieu, quatre à droite, quatre à gauche.

Au milieu : saint Pierre, de face et debout, mitré, en costume épiscopal, une main levée, l'autre tenant un livre. Au-dessus, on lit : *Jam bone pastor Petre clemens accipe vota precan... vincula resolve tibi potesta.* Sur le livre, ouvert, à gauche : *Petrus apostolus... advenis.... dispersionis... Ponti Galacie Capadocie Asie Bitinie gracia vobis et pax multiplicentur;* à droite : *Deus qui beato Petro apostolo tuo collatis clavibus regni cœlestis ligandi atque solvendi pontificium tradidisti rede.... quos... ssionis... alem peccatorum nostrorum.*

Les huit compositions latérales représentent des scènes de la vie de saint Pierre : chacune est expliquée par sa légende placée au-dessus.

A gauche :

— *Tiro et Simon magus disputant cum Petro.*
— *Hic apparuit Ihesus Petro de nubibus cœli.*
— *Hic decapitatur Simon jussu Ciri imperatoris.*
— *Hic Petrus et Paulus maleficia Simonis detegunt.*

A droite :

— *Hic constituit Petrus clementem in.....*
— *Hic Paulus venit Romam et occurit sibi Petrus solve solv* (sic).
— *Crucifixerunt Petrum seorsum capud set pedes versus celum.*
— *Hic fuit sepultus a discipulis suis Marcello et Apule.*

10. — M. LAROCHE, à Trélazé (Maine-et-Loire).

Plan général de l'amphithéâtre d'Italica, près Séville, datant du règne d'Adrien; réduction en liége à 0,02m par mètre; donné au Musée d'antiquités par l'auteur, avec les plans et dessins qui l'accompagnent.

11. — M. JUTEAU-GOUJEUL, à Angers, rue Boisnet, 2.

Deux tableaux de fruits, par Mlle Mélanie Gris (1872).

12. — M. JUBIN (Théodore), à Angers, quai des Luisettes.

Miniature du XVe siècle : Adoration des Mages.
Médaille de la Révolution, ayant servi à un délégué d'Angers à une fête de la Convention.

13. — Mme FAUGERON, à Angers.

*Tapisserie d'Aubusson : Alexandre visitant la famille de Darius.
Gargoulette du Maroc.

14. — M. MICHEL (Auguste), à Angers, rue Boisnet, 15.

Vénus gauloise, terre de pipe (Morannes).
Deux pointes de javelot en bronze (Durtal).
Deux pointes de javelot en bronze (Baugé).
Lance avec bracelet, bronze (Doué-la-Fontaine).
Bracelet, bronze (Ponts-de-Cé).
Bracelet, bronze (Champigné).
Fibule, bronze (camp de Frémur).

15. — M. de MONTOZON, à Châteaugontier (Mayenne), rue du Cheval-Blanc.

Diane de Poitiers (?), peinture française sur bois, fin du XVIe siècle ou commencement du XVIIe.
Cromwell, tableau sur cuivre; école flamande.

16. — M. NOBILLEAU, à Tours, rue des Cordeliers, 12.

Coffret en bois, sculptures en pâte : Histoire d'Actéon; travail italien.

Montre maçonnique; XVIII^e siècle.

17. — M^me CHUPIN (Jeanne), à Bégrolles (correspondant : M. Marce, place Sainte-Croix, à Angers).

Tapisserie XVII^e siècle : Sujet de chasse.

18. — M. BABIN, notaire à Tigné (Maine-et-Loire).

Trois grattoirs en silex brut.

Pierre en grès ayant servi de polissoir, trouvée à Saint-Georges-Châtelaison.

Quatre haches, époque de la pierre polie.

Deux pièces d'or gauloises (renfermées dans deux médaillons), trouvées à Tigné et à Brigné.

19. — M. SOREL, à Angers, rue de Bouillou, 3.

Hyacinthe Rigaud (?).— Portrait de Louis XV enfant.

Quatre enluminures; XVI^e siècle : Présentation au Temple; — Le roi David; — Adoration des bergers; —Ensevelissement de Notre-Seigneur Jésus-Christ.

20. — M. de FARCY, à Angers, parvis Saint-Maurice, 8.

Coffret en fer; XV^e siècle.

Autre, même époque, cuir frappé : Annonciation et Nativité.

Coffret plus petit, cuir frappé.

21. — M. de FARCY, à Angers.

Bonne Grâce Louis XIV en application or et argent.

Bonne Grâce Louis XIV en tapisserie.

Id. id. brodée en chenilles.

Tour de lit en laine, avec application de soie.

Tour de lit en laine, fond rouge avec application de soie.

Dossier de lit en laine verte avec application de soie.

99. — **M. de FARCY, à Angers.**

Deux paires de lambrequins de lit Louis XIV, en laine verte avec application de soie.

Lambrequin de lit Louis XIV, en satin bleu avec application de soie rouge et jaune.

Tapisserie; XV^e^ siècle : Navire arrivant au port.

Fragment d'une grande tapisserie. Dans le haut de la forteresse se tient un chevalier : le mot *espérance* indique, sans qu'on puisse bien la préciser, l'idée de cette scène.

Trois tapisseries; XV^e^ siècle : Combat des vices et des vertus.

Ces trois tapisseries, de la fin du XV^e^ siècle, représentent le combat des Vices et des Vertus.

I

On voit d'abord le globe du monde suspendu par un fil à un grand arbre. La colère divine, par le ministère de l'Ange, attaque l'arbre à vigoureux coups de hache; d'un autre côté l'Eglise, l'Oraison et un autre personnage allégorique implorent miséricorde. Au premier plan, les Passions se livrent à leurs folies : c'est *Fol Amour* avec *Josnese*, *Vanité* à sa toilette, *Friandise* et *Apétit Désordonné* à table, *Convoitise* et *Mendiant* devant des sacs d'or.

Voici l'inscription du haut de la tapisserie :

Le monde pend à ung fil seulement
Par les pechiés quon voit present regner.
Mais l'Eglise pacifie humblement,
Le ire djvin voellent le arbre coper.

II

La *Folle Outrecuidance* s'efforce de briser le monde, placé dans un des plateaux d'une balance, à coups de marteau; près d'elle se tient la *Temptation*, un filet tendu au-dessus de sa tête. Dans l'autre plateau de la balance, la *Charité* et la *Miséricorde* ont placé un livre et divers objets qui figurent les bonnes œuvres. Sur le premier plan, la *Justice* perce la langue au *Blasphème*; le *Cœur Dilleal* cherche à séduire une femme; une partie de jeu est engagée entre le *det* et le *cavet*.

Sur la banderolle placée en haut de la tapisserie on lit :

On voit régner Blasphème en tous estats
Coeur Delleal et fol Outrecuidance
Pipeurs trompeurs et d'aultres gens ung tas,
Dont le monde est de fines en ballance.

III

La *Vanité* est traînée sur un char magnifique, portant le monde entre ses mains. L'ange de l'*Amour dyvin* arrête les chevaux et les détourne du mauvais chemin. L'*Humilité* attaque la *Jactance;* la *Dévotion* perce de flèches *Fol Amour* et *Josnese*; c'est toujours le combat des Vices et des Vertus.

On lit sur la banderolle en haut de la tapisserie :

Par Vanyté et aultres ses souldars
Est pourmené le monde follement;
Mais rencontre est de piques et dars
De Humilité quy le assault vaillament.

23. — M. de FARCY, à Angers.

Coffre gothique ; XV^e^ siècle.
Porte, XV^e^ siècle, à six panneaux.
Autre, id. à quatre panneaux.
Devant de coffre : Saint Georges ; fin du XV^e^ siècle.
Deux panneaux du même coffre.
Devant de coffre; XVI^e^ siècle : Histoire d'Adam et d'Eve.
Devant de coffre; XV^e^ siècle.

24. — M. RICHARD, vice-président du tribunal civil, à Angers, rue Ménage, 21.

Van Ott. — Marine (1767).
Hubert-Robert. — Deux paysages.

25. — M. de FARCY, à Angers.

Manteau de cheminée en bois ; XVI^e^ siècle.
Devant de coffre; XV^e^ siècle.
Trois petits panneaux; XV^e^ siècle.
Grand panneau fleurdelysé; fin du XV^e^ siècle.
Manteau de cheminée; XVI^e^ siècle.
Coffre XV^e^ siècle, avec serrure de l'époque.

26. — M. EGGER, professeur au Lycée, à Angers.

Tête d'Hercule Lydien, terre cuite grecque, trouvée à Smyrne.
As romain des premiers temps de la République.

27. — M. PRIEUR (Albert), à Angers, boulevard du Jardin-des-Plantes, 6.

Heurtoir, XVI^e^ siècle, provenant des environs de Châtellerault.

28. — M. de LA BOISSIÈRE, à Angers, boulevard des Lices, 10 bis.

Album de Payodites indiens, figures peintes sur talc.
Deux éléphants en ébène (Chine).
Cabinet en laque (Chine).
Boite en écaille avec compartiments intérieurs (Chine).
Pot à tabac, laque (Chine).
Encrier en ébène (Chine).
Deux stores, papier peint (Chine).
Jeux de plateaux en laque de Chine.
Tam-tam chinois avec son battant.

29. — M. SOREL, à Angers.

Tableau : Un officier de dragons, époque de Louis XV.

30. — M. KOLMAN, à Angers, rue des Bas-Chemins.

Rigaud. — Lallemand De Rivière, conseiller-maître à la Cour des Comptes de Franche-Comté.
Berghem (attribué à). — Paysage avec animaux.
Guardi. — Porte d'Ancône.
Inconnu. — Sainte Famille.
Ecole allemande. — Christ.
Vien. — Tête de femme.
Carpi. — La Mère.
Jordaëns (attribué à). — Saint Joseph.
Ecole moderne. — Tête de femme.

31. — M. KOLMAN, à Angers.

Coupe à piédouche, fabrique des Abbruzes, signé : G. P. A.
Fromagère, Deft, de la fabrique de Brawer.
Plat d'Arras, décor vert.

Assiette polychrome de Delft.
Assiette pâte tendre d'Arras.
Deux assiettes de Chine.
Plat à la corne de Rouen.
Sinceny : plat, décor chinois.
Sinceny : deux assiettes, décor aux oiseaux.

32. — M. GIRAUD-LESOURD, à Angers, rue d'Orléans.

Pendule anglaise; XVII^e^ siècle.
Tableau : Portrait, par Lefébure.
Tableau : Saint Rémy.

33. — M. BELOUIN (Clément), à Angers, rue de la Chalouère.

Devant de coffre en bois ; XV^e^ siècle.

34. — M^me^ VIDAL, à Angers, rue des Cordeliers, 21.

Plat faïence vert de cuivre (Nevers).

35. — M. KOLMAN, à Angers.

Moutardier (Rouen).
Sinceny : trois compotiers, décor au sainfoin Guilbaut.
Deux assiettes à papillons, fabrique allemande.
Plat avec fixés blancs et fleurs, St-Amand-les-Eaux.
Assiette décor bleu avec fixés blancs.

36. — M. KOLMAN, à Angers.

Petit vase de Lille, décors bleus.
Petit vase, faïence de Quimper, décor bleu et vert.
Deux cafetières en Saxe.
Deux verres français, époque Louis XIV.

37. — M. KOLMAN, à Angers.

Buire en grès, fin du XVI^e^ siècle, décor brun.
Trois grès de Flandre, décor bleu.
Pichet en faïence de Bayreuth (Bavière).
Tableau : Vierge dite de Saint-Luc, panneau, genre Cimabué.

Vierge en buis ; XVII^e siècle.
Vierge en bois ; XVII^e siècle.

38. — M. BAILLY, à Angers, rue Saint-Gilles.

Joseph Vernet. — Effet d'orage.
Van Loo. — Départ d'Ulysse.
Seghers. — Deux tableaux de fleurs.
Vien (attribué à). — Sujet biblique : le Sacrifice d'Abraham?

39. — M. BELOUIN, à Angers.

Une vitrine, contenant : des poteries romaines, — une épée gauloise, — des émaux, — des médailles modernes, — etc.
Quatre lances gauloises et une douille de lance.
Cinq haches en bronze, provenant de Chemillé ; une, de Saint-Macaire ; quatre, des Fouassières, près Angers ; sept, de Thouarcé ; trois, plates à rebords, de Chalonnes.

40. — M. BELOUIN, à Angers.

Deux haches en bronze, provenant de Candé ; une, plate, de Baugé ; cinq, de Saint-Remy-la-Varenne.
Trois bracelets, provenant de Vairon (Vaucluse), Parçay (Maine-et-Loire), Ponts-de-Cé (Maine-et-Loire).

41. — M. BELOUIN, à Angers.

Deux haches, du Grand-Pressigny (Indre-et-Loire).
Treize haches en pierre polie, provenant de Jarzé, Bouchemaine, Andard, Vauchrétien, Machelle, Le Puy-Notre-Dame, Durtal, Avrillé.
Cinq vases gallo-romains, trouvés sous l'arc de Saintes ; un d'eux porte, gravé à la pointe : CIIR-VIOLII BATTARA.
Vase romain, de Mortagne.

42. — M. BELOUIN, à Angers.

Coffret en fer gravé ; XVI^e siècle, orné de sirènes et de rinceaux.

Coffret en cuir repoussé, XIVe siècle.
Médaillons et oiseaux, pentures en cuivre.
Claymore; fin du XVIe siècle.
Bouclier; même époque.
David père. — Deux guirlandes de fleurs, sculpture sur bois.

43. — M. DE LA TOURETTE, à Rochefort-sur-Loire (Maine-et-Loire).

Corbeille en faïence (Marseille).

44. — M. BELOUIN, à Angers.

Quatre peintures sur cuivre; torches de corporation, servant à l'ancien Sacre d'Angers : deux torches des chandeliers; une, des jardiniers; une, des bonnetiers et chapeliers.

45. — M. BELOUIN, à Angers.

Série de 86 sceaux et cachets, du XIIe au XVIIIe siècle; les plus remarquables sont :

Série angevine :

XIIIe siècle. Sceau de Fontevrault.
XVIIe siècle. Sceau de Saint-Georges-Châtelaison.
XVIIe siècle. Académie d'Angers, 1685; l'Encloître en Gironde, prieuré de Fontevrault.
XVIIIe siècle. Jean de Vaugirauld, évêque d'Angers; griffe de la vicomtesse d'Antin, dernière abbesse de Fontevrault; coin en fer pour timbrer les assignats d'Angers.

Série étrangère :

XIVe siècle. Sceaux d'Herbert Machon, chanoine de Tours; d'Adam de Crécy; de Moteraye; d'Aromentières.
XVe siècle. Jehan Belan, *Sigillum scabinorum de Guel* (-dre).
XVIe siècle. *Sig. vicar. Episcop. Corispi* (Quimper-

Corentin), 1583; sceau de la cour de la ville au Feubre; sceau de la Prévôté de Meulin.

46. — M. CLAVEAU, à Bouchemaine (Maine-et-Loire).
Cadre: rinceaux en bois; sculpté par David père.

47. —M. ROUSSEAU, à Angers, rue des Lices, 38.
Ivoire provenant du palais de l'empereur de Chine.

48. — M. BELOUIN, à Angers.
Cinq vitrines de médailles et monnaies, romaines, gauloises, françaises et seigneuriales.

49. — M. KOLMAN, à Angers.
Fragonard. — Une martyre.
La maréchale de Charemberg. — Fleurs et fruits, nature morte (1669).
L'Annonciation, peinture sur bois.

50. — M. BLORDIER, à Angers, boulevard de Saumur 12.
Emblemata amatoria, XVI^e^ siècle.
Rerum criminalium praxis, idem.
Tabatière en ivoire.
Tabatière XVII^e^ siècle, en ivoire : Pyrame et Thisbé.

51. — M. BLORDIER, à Angers.
Ivoire : Amour; XVII^e^ siècle.
Fourchette, manche d'ivoire; fin du XVI^e^ siècle.
Nacre : scène bachique; XVIII^e^ siècle.

52. — M. BLORDIER, à Angers.
Boîte en émail, fond blanc; XVIII^e^ siècle.
Boussole en ivoire incrusté de métal.
Montre en argent, XVII^e^ siècle.
Montre à boyau, gravée et dorée; fin du XVI^e^ siècle.

53. — M. BLORDIER, à Angers.
Cachet avec légende : « Amour sans fin. »
Vase, faïence française; XVI^e^ siècle.
Sceau d'une église luthérienne évangélique, 1708.

54. — M. COLAZET, à Angers, route de Paris, 69.

* Tableau d'assignats, en fac-simile.

55. — M. BELOUIN, à Angers.

Table Louis XIII.

Hakbrett, instrument de musique; XVII^e^ siècle.

56. — M. CHUDEAU (Arthur), à Angers, quai Royal, 58.

Dessin sepia, rehaussé de blanc, signé : *Ville filius, inv. del.*, 1773. — L'arracheur de dents.

57. — M. LAIR (Charles), à Blou (Maine-et-Loire).

Assiettes :

Nevers : gros bleu avec fixé blanc; XVII^e^ siècle.

Nevers : bleu avec blason polychrome; XVII^e^ siècle.

Rouen : à lambrequin, décor bleu et rouille; époque Louis XIV.

Rouen : polychrome, décor chinois dit au *Papillon*; époque Louis XIV.

58. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :

Rouen : décor polychrome (genre Marseille), paysage et marine; époque Louis XVI, fabrique de Vavasseur.

Lille : décor rouennais, camaïeu blanc à lambrequins; XVIII^e^ siècle, fabrique de Feburier.

Lille : décor chinois polychrome; époque Louis XIV.

Sinceny (Aisne) : sujet chinois polychrome, décor noir et jaune.

59. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :

Sinceny : décor rocaille, polychrome, fleurs et fruits; époque Louis XV.

Delft (Hollande) : décor polychrome, emprunté au règne végétal; XVII^e^ siècle.

Delft : avec armoiries, rehaussé d'or; daté : 1728.
Marans (Charente-Inférieure) : décor rouennais, à coquilles et lambrequins; vers 1740.

60. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :
Saint-Omer (Pas-de-Calais) : fond gros bleu avec fixés blancs; XVIII^e siècle.
Strasbourg : décor polychrome, fleurs et rinceaux, signé Paul Hannong.
Strasbourg : fleurs, polychrome, signé Joseph Hannong; XVIII^e siècle.
Niederwiller (Meurthe) : avec natté à jour, signé comte Custine; fin du XVIII^e siècle.

61. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :
Sceaux-Penthièvre (Seine) : paysage polychrome (genre Marseille); XVIII^e siècle.
Aprey (Marne) : fleurs, légumes en relief au Marli; vers 1775.
Moustier : décor camaïeu jaune, avec lambrequins, sujet mythologique : Cérès; signé L. Oléry; XVIII^e siècle.

62. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :
Moustier : décor polychrome; dans un cartouche, saint Pierre en prière; XVIII^e siècle.
Marseille : fleurs, polychrome; marque en manganèse de la fabrique de la V^e Perrin; XVIII^e siècle.

63. — Musée de l'ÉVÊCHÉ D'ANGERS.

Jouée (panneau qui termine une rangée de stalles) ornée d'une statue de saint Jean; XV^e siècle.
Trois patiences ou miséricordes de stalles; XV^e siècle.
Deux jouées de stalles, mutilées; XV^e siècle.
Dossier de stalle; commencement du XVI^e siècle.

64. — Musée de l'ÉVÊCHÉ D'ANGERS.

Porte sculptée semée de fleurs de lys et ornée de macles (blason de Mgr de Rohan, évêque d'Angers), provenant de l'Évêché; XVIe siècle.
Chandelier pascal; XVe siècle.
Fauteuil épiscopal sculpté, attribué à David le père; XVIIIe siècle.

65. — Musée de l'ÉVÊCHÉ D'ANGERS.

Fauteuil sculpté, XVIe siècle.
Trois panneaux en bois sculpté, ornés de saints sous des dais; XVIe siècle.
Tabatière donnée par Napoléon Ier à M. l'abbé Bernier; miniature par Isabey : portrait de Pie VII.

66. — M. CLÉRET de LANGAVANT, à Angers, rue Asile Saint-Joseph, n° 9.

Tableau, d'après Poussin (Nicolas) : l'Extrême-Onction.

67. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Vallière, de Chartres : dessin, 1794.—Une citoyenne.
Sreckberger. — Deux silhouettes sur feuilles d'or : M. Bourgeois, maire de Poitiers, et Mme Bourgeois.

68. — M. BOURGÉ, à Angers, rue Saint-Laud.

Recueil de blasons; XVIIe siècle.
Horace; Paris, 1543; plats et dos fleurdelysés; armes et initiales I. B. D. B. (Jeanne-Baptiste de Bourbon, abbesse de Fontevrault).

69. — M. HUAULT-DUPUY (Valentin), à Angers, rue de la Préfecture.

Couteau, pâte tendre de Saint-Cloud.
Aiguière en Nevers : fond gros bleu avec fixé blanc rehaussé de jaune.

70. — M. LOBIN, verrier, à Tours, rue des Ursulines, 35.

Deux lancettes, vitraux du XII^e^ siècle, restaurés, provenant des Essarts (Indre-et-Loire). Sur la première : la mort, l'ensevelissement et la résurrection de la Vierge ; sur la seconde : la Cène, le crucifiement et la résurrection du Christ [1].

71. — M. SAVATON-VARANNES, à Angers, rue des Jardins, 5.

Bénitier en cuivre fondu ; XVIII^e^ siècle.

Recherches historiques sur la ville d'Angers, dédié à Monsieur, frère du roi, par Moithey, 1776.

Miniature dans un médaillon : costume d'adjudant de place, vers 1790.

72. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Trois martingales ; XVI^e^ siècle.

Fragment de châsse : ange doré ; XIII^e^ siècle (Fontevrault).

Bronze romain : Minerve (St-Pierre-du-Lac, Maine-et-Loire).

Trois Umbo (Fontevrault, Brezé, les Châteliers).

Eperon, XIII^e^ siècle (Port-de-l'Ile, près Angers).

73. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Cuivre du *Peplus* de Claude Ménard : Portrait de Jean Olivier, évêque d'Angers.

Cuivre : Portrait de Philippe Thibault, né à Brain-sur-Allonnes, général des Carmes : *Æt. suæ* 63, 1638.

74. — M. LABBÉ à Thouarcé (Maine-et-Loire).

* Jacques Maes. — Le roi Guillaume de Hollande encourageant les arts et les lettres (vers 1825).

75. — M. de FARCY, à Angers.

Deux chenets Louis XVI.

Lambrequins de lit ; XVI^e^ et XVII^e^ siècle.

[1] Ces objets sont exposés dans l'annexe de l'Industrie.

76. — M. BAILLIF, notaire, à Angers, rue Haute-du-Mail, 12.

Van-der-Kabel (1671). — Marine.

77. — M. PERDRIAU, à Angers, place du Champ-de-Mars, 22.

École flamande. — Paysage (panneau).

78. — Mme D'ANDIGNÉ D'ACHON, à Angers, Champ-de-Mars, 22.

Heures de Germain Hardouyn, imprimées sur velin et enluminées (1509).

79. — M. ROBERT (Camille), à Angers, rue Baudrière.

Deux peintures sur cuivre; XVIIe siècle. — La Vierge; l'ange Gabriel.

80. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Bible pour la représentation des Mystères, incunable de la fin du XVe siècle.

Cornet hispano-moresque, polychrome.

Faïence; XVe siècle.

81. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Faïence française : grande bouteille italo-nivernaise décorée en polychrome : l'Education de l'Amour, l'Intempérance.

82. — M. HUARD (Charles), à Angers, place des Halles.

Le Tintoret ou Luca Giordano. — Éliézer et Rebecca.

Loutherbourg. — Paysage avec animaux.

École flamande. — Fleurs.

83. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Velours de Gênes, fond blanc, chardons grenat, ciselé et épinglé; XVe siècle.

Velours de Gênes, ciselé, fond jaune, entrelacs verts Renaissance, XVIe siècle.

94. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Velours de Gênes ardoisé, rehaussé de jaune; XVI^e^ siècle.

Velours de Gênes fond bleu, œillets, et dessins ondés en mordoré; XVI^e^ siècle.

Velours de Gênes, épinglé et taillé, grenat, avec réserves en bleu; XVI^e^ siècle.

95. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Velours de Gênes, fond jaune taillé à dispositions grenat; XVI^e^ siècle.

Velours de Gênes, fond blanc, entrelacs de plusieurs couleurs, dit « Giardinetto; » XVII^e^ siècle.

Galon de velours de Gênes, fond blanc, ornement de plusieurs couleurs; XVII^e^ siècle.

96. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Drap d'or, semé de fleurs; XVI^e^ siècle.

Brocart rouge et or (métal changeant); XVI^e^ siècle.

Brocart rouge et or, décoré de palmes et de couronnes; XVI^e^ siècle.

97. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Brocatelle fond jaune, dispositions rouges, cavaliers affrontés, franges festonnées à floches; XVI^e^ siècle (travail vénitien).

Brocatelle verte et jaune, oiseaux affrontés, à franges nattées.

Tapisseries au point rehaussées d'or, entrelacs avec oiseaux; XVI^e^ siècle.

98. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Toile blanche à fils tirés, rebrodée de soie rouge; animaux et personnages fantastiques et mythologiques : Actéon (travail napolitain); XV^e^ siècle.

Galon tissé fil et soie rouge : animaux; XV^e^ siècle.

89 — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Brocart rouge (travail vénitien) ; XVII^e siècle.
Broderies Louis XIV à l'aiguille, génies dans les entrelacs (travail français).
Satin blanc brodé de fleurs en couleurs, décors dit « aux plumes de paon ; » époque rocaille.

90. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

Tapisserie de soie au point, garnie de franges nattées ; époque rocaille.
Filet brodé ; XVI^e siècle (travail italien).
Brocard fond vert, fleurs et fruits, époque Louis XIV (travail français).

91. — M. LAIR, à Blou (Maine-et-Loire).

22 objets en pierre de l'époque préhistorique, provenant du Danemark : haches, pointes de lances, couteaux.

92. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Reliquaire de l'abbaye de Saint-Georges-sur-Loire, cuivre doré : Saint-Sébastien ; XVI^e siècle.
Croix processionnelle rehaussée de cabochons ; XVI^e siècle.
Faïence anglaise : tasse.
Niederviller : petit pichet.

93. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Sinceny : banette, décor chinois.
Choisy-le-Roi : deux plateaux ajourés, un avec décor bleu barbeau.
Delft : assiette terre de pipe ; décor : Histoire de l'Enfant prodigue ; XVIII^e siècle.
Nevers : plat drageoir ; XVII^e siècle.

94. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Marseille : assiette camaïeu vert ; époque rocaille.

Sinceny : assiette, décor chinois ; XVIII^e siècle.
Strasbourg : plat à fleurs, de Joseph Hannong.
Grès de Flandre.

95. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Lille : compotier godronné.
Nevers : deux assiettes gros bleu avec fixé blanc.
Sinceny : sucrier à vis, décor à la Pagode.
Rouen : huilier à pans coupés, bleu et rouille avec lambrequin, décor au Dauphin.

96. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Nevers : bouteille à décor bleu et manganèse, époque Louis XIV.
Calibre d'enseigne de pèlerin, bronze; XIV^e siècle.

97. — M. GUERINIÈRE, à Angers, petite rue Volney, 14.

L'*Enéide de Virgile*, traduction de Perrin, Paris, 1664.
Boussole-compas ; XVII^e siècle.
Montre Louis XIV.

98. — M. PERDRIAU, à Angers, Champ-de-Mars.

* École de Van-Dyck. — Vierge, sur cuivre.
* Deux tableaux, école flamande. — Intérieurs d'ateliers. (L'un d'eux porte une signature, presque illisible.)

99. — M. CHARRIER de la LANDE (Ferdinand), à Angers, rue du Petit-Thouars, 2.

Paire de lampes, Delft.
Bol, Japon.
Deux plats, Japon.
Miniature sur ivoire, par Laurence (sir William).

100. — M. CHARRIER de la LANDE (Ferdinand), à Angers.

Six jetons et six fiches, nacre, travail chinois.

Lanterne, nacre, XVIII^e siècle, ayant appartenu à la dernière abbesse du Ronceray, M^me d'Esparbez de Lussan.
Théière émaillée.
Boîte à mouches, en ivoire ; XVIII^e siècle.

101. — M^me GUÉRIN DES BROSSES, à Angers.
Six couteaux, époque Henri III.

102. — M^me ABRAHAM, à Angers.
Un cadre : six miniatures sur vélin ; XVI^e siècle.
Autre cadre : peinture à la gouache sur vélin, par Gabriel Ravenot (1717), provenant d'un missel ayant appartenu à M^gr de Caylus, évêque d'Autun.

103. — M. COLOMB, inspecteur de l'instruction primaire, à Angers, rue St-Léonard.
Eventail, écaille blonde ; époque du 1^er empire.
Poudrière, sac à plomb et poignard, ayant appartenu à un chef nègre du Gabon.

104. — M^me DENIAU, à Angers, chemin de Frémur.
Nevers, saladier : l'Arbre d'amour.

105. — M. KOLMAN, à Angers.
Rhodez : Amphore.
Marseille : Jardinière.
Delft : Potiche.
Rouen : Pichet.
Hanap, faïence de l'Est.

106. — M^me veuve BRUNÉE, marchande de tapisseries, à Angers, rue Chevreul, 15.
École de Watteau. — Deux petits sujets peints sur bois.
École française ; XIX^e siècle. — Marine.

107. — M. HUARD (Charles), à Angers.
Vierge en ivoire, apportée de Venise en 1801 par l'abbé Huard, ancien vicaire de Saint-Maurille.

108. — M. CHARRIER DE LA LANDE, à Angers.

Deux couteaux et deux fourchettes ayant appartenu à Georges III.

109. — M. BAILLIF, à Angers.

Deux jetons des Etats de Bretagne ; XVIII^e^ siècle.
Jetons d'échevinage (Angers) ; XVIII^e^ siècle.
Deux monnaies anglaises ; XIV^e^ siècle.

110. — M. PERDRIAU, à Angers, Champ-de-Mars.

Boussole allemande de « Schretteger, in Augsburg. »

111. — M. FOUCHÉ (Auguste), à Cheffes (Maine-et-Loire).

Deux panneaux sculptés sur bois (sujets religieux), XVII^e^ siècle.

112. — M. DELHUMEAU, à Angers, rue de la Chalouère.

Tapis ; XVIII^e^ siècle.

113. — M. EGGER, professeur au Lycée, à Angers.

Deux bronzes japonais : un disciple de Confucius ; un dragon.

114. — M. DECHARME, professeur au Lycée, à Angers.

Hache taillée, de Saint-Acheul (Somme).
Hache polie, du département de la Somme (Saint-Acheul?)

115. — M. DAUBAN, à Angers, rue Courte.

Boîte à mouches, agathe ; fin du XVIII^e^ siècle.

116. — M. D'ESPINAY, à Angers, rue Volney, 15.

Médaille en or d'Anastase (Loches).
Hache en pierre taillée (Saint-Nicolas de Bourgueil).

117. — Mlles FILOLEAU, à Angers, boulevard des Lices.

* Etuis Louis XVI, avec armoiries.

118. — M. GUERINIÈRE, à Angers.

Médaillon en écaille ; XVIIIe siècle.
Théière de Delft.
Plat de Strasbourg (Hannong).
Deux assiettes et un plat de Delft.

119. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers, place du Pélican.

Quatre appliques, bronze : Triomphe de Mars et Vénus ; époque du 1er Empire.
Martingale en bronze ; fin du XVIe siècle.

120. — M. ROGERON, à Angers, route de Saint-Barthélemy.

Pendule, style Louis XVI, en cuivre massif ciselé : un cadran soutenu par deux caryatides. Cette pendule a appartenu au duc de Choiseul. Elle a été achetée à Paris au commencement du siècle, avec les autres meubles et les gravures de son cabinet de travail, par le grand-père de l'exposant, J.-F. Boré, receveur de l'enregistrement à Angers.

121. — M. X***, à Angers.

Faïences parlantes de Nevers :
Trois assiettes hiératiques ou patronales.

122. — M. X***, à Angers.

Faïences parlantes de Nevers :
Deux assiettes, transition des hiératiques aux facétieuses et politiques.
Deux assiettes, techniques et professionnelles.

123. — M. X***, à Angers.

Faïences parlantes de Nevers :
Une assiette facétieuse, une politique.

124. — M. X***, à Angers.

Faïences parlantes de Nevers :
Petit barillet; d'un côté : « Vive le bon vin! »; de l'autre : « Vive le Roi de France! »
Quatre saladiers professionnels.

125. — Mme POURMARIN, rue Saint-Joseph.

Quatre miniatures sur ivoire.

126. — M. PERDRIAU, à Angers.

Saint Jérôme, bronze; XVIIe siècle.

127. — M. DAUBAN, à Angers.

Chataigner (graveur). — Portrait de femme, aquarelle.

128. — M. CLAVEL, à Angers, rue Châteaugontier.

Van-Kessel. — La terre, l'eau; deux tableaux provenant du cabinet de Louis XVI.

129. — M. DUBURGUA, lieutenant-colonel du 77e, à Angers.

Six monnaies romaines de bronze : As de la République, Auguste, Drusus, Vespasien, Titus, Trajan.

130. — M. MICHEL (Auguste), à Angers.

Strasbourg : Porte-bouquet.
Nevers : Saladier professionnel (pêcheur).

131. — M. MIRAULT, à Angers, rue Saint-Evroult.

Tableaux :
Le joueur de vielle.
Tête de vieille femme, panneau.
Fleurs.
Paysage.

132. — M. BLAVIER, à Angers, rue Hanneloup.

Ecole italienne. — La Nativité, tableau sur cuivre.
Granet (?). — Moine en lecture.

133. — M. BLAVIER, à Angers.
Attribué à Graziani. — Retour de Judith à Béthulie.
Ecole de Ribera. — Saint François-Xavier.

134. — M. BLAVIER, à Angers.
Ecole de l'Albane. — Sainte Madeleine.
Attribué à Luca Giordano. — Jésus au Jardin des Oliviers.

135. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.
Faïences parlantes de Nevers :
Vingt assiettes : douze politiques, deux professionnelles, quatre hiératiques, deux mongolfières.
Soupière, professionnelle.

136. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.
Faïences parlantes de Nevers :
Deux saladiers, hiératiques.
Gobelet, professionnel.

137. — Mme MORARD, à Mazé (Maine-et-Loire).
Ecole de Gérard. — Joseph et la femme de Putiphar.

138. — M. ROBIN (Alexis), à Angers, place Flore (près le Jardin des Plantes).
Gouache; XVIIIe siècle. — Mars et Vénus.
Porte-bijoux en émail (oriental).

139. — M. MICHELET, à Angers, rue Béclard.
Edelinck, d'après Rigaud. — Bossuet (gravure).
Hache celtique trouvée à Saint-Ellier.

140. — Mme MORDRET, à Angers, rue Saint-Georges.
Emaux de Limoges :
Deux plaques rectangulaires : Ensevelissement de la Vierge; Présentation; XVIe siècle.
Deux plaques, sujets religieux (1547).
Deux grandes figures allégoriques, camaïeu grisaille; XVIe siècle.

141. — M^me^ MORDRET, à Angers.

Emaux :

Plaque représentant les femmes célèbres du siècle de Louis XIV (genre Petitot).

Grand plat en émail de Limoges : au fond, Laocoon; au dos, Mercure et ses attributs.

142. — M^me^ MORDRET, à Angers.

Deux émaux de Limoges : François I^er^ (?); Diane de Poitiers (?).

Emaux de Limoges : quatre médaillons ovales coloriés avec rehauts d'or : Jupiter, Pallas, Mercure, Junon.

143. — M^me^ MORDRET, à Angers.

Email de Limoges : coffret; XVI^e^ siècle.

Emaux de Limoges : deux salières à six pans, avec grisailles teintées avec rehaut d'or; chaque pan contient un portrait : Pyrame, Paris, Hélène, etc.

144. — M^me^ MORDRET, à Angers.

Faïence émaillée : l'Adoration des Mages.

Deux montres en émail; époque Louis XV.

145. — M. DUBURGUA, lieutenant-colonel, à Angers.

Pyxide, émail champ-levé; XIII^e^ siècle.

Hache de bronze (environs d'Aiguillon, Lot-et-Garonne).

Couteau étrusque, bronze (présumé couteau de sacrifice); trouvé à Monte-Romano, près Corneto.

Trois fibules étrusques; même provenance.

146. — M. DUBURGUA, à Angers.

Fibule romaine; même provenance.

Pied de vase étrusque, bronze; décor, un lion; même provenance.

Tête de cheval, bronze; même provenance.

147. — M. LAMARQUE, conseiller à la Cour, à Angers, rue Desjardins, 2.

Delft : Cache-pot doré.
Pot à surprise, faïence italienne.
Grès de Flandre aux fleurs de lys.
Nevers : Deux pots à surprise.

148. — M. LAMARQUE, à Angers.

Trois vases funéraires péruviens.
Moustier : Grand plateau, dessin Callot, décor d'Olery.
Moustier : Soupière, même décor.
Plat italien : l'Enfant prodigue, 1554.

149. — M. LAMARQUE, à Angers.

Faïences de Moustier :
Grand plat bleu, dessin Callot.
Plat Clérycy à baldaquin.
Grand plat Clérycy, dessin Berain.
Plat polychrome, dessin Callot.
Petit plateau, dessin Berain.
Plat oblong, polychrome.

150. — M. LAMARQUE, à Angers.

Moustier : Assiette polychrome, dessin Callot.
Chartreuse de Bordeaux : Assiette ; armoiries.
Rouen : Assiette, au Carquois.
Saxe : Assiette dorée.
Moustier : Deux porte-huiliers, polychromes.

151. — M. LAMARQUE, à Angers.

Rouen : Assiette octogone, aux Chinois.
Rouen : Assiette ronde, à la Pagode.
Marseille : Saucier, polychrome, aux Oiseaux.
Moustier : Écuelle bleue, dessin Berain.

152. — M^me^ MORDRET, à Angers.

Deux plaques rondes, émail : Jules César, Pompée.

Deux assiettes, émaux ; XVI^e siècle.
Deux coupes Louis XV, émaux.

153. — M^me MORDRET, à Angers.

Quatre plaques rondes, camaïeu grisaille ; XVI^e siècle.
Deux baisers de paix, émail.
Boîte, émail ; époque Louis XV.

154. — M^me MORDRET, à Angers.

Montre ovale ; XVI^e siècle.
Montre, croix d'abbesse en argent.
Deux plaques rondes, émail : Richard de Normandie, l'archevêque Turpin

155. — M^me MORDRET, à Angers.

Cinq plaques, émail : scènes religieuses.
Plaque, émail : saint Mathieu l'Évangéliste.

156. — M. LAMARQUE, à Angers.

Ecole italienne. — Vierge, dite de Saint-Luc ; encadrement italien.

157. — M. CATTERMOLE, à Angers, faubourg Bressigny.

Savone : Deux plateaux, camaïeu bleu.
Monte-Lupo : Deux plats polychromes creux : Joueur de ballon ; Bravo.
Urbino : Carreau.

158. — M. CATTERMOLE, à Angers.

Sicile : Coupe à piedouche, décor polychrome.
Naples : Coupe camaïeu bleu.
Naples : Plat godronné polychrome.

159. — M. HORST (Marius), à Caen, rue d'Enfer.

* Bureau Louis XV, ébène et cuivre.

160. — M. VALENTIN, proviseur du Lycée, à Angers.

Clef de l'ancienne chapelle du Lycée ; XVIII^e siècle.

Plaque d'ardoise avec deux inscriptions religieuses, la seconde palimpseste ; 1763.

Hache en silex poli (canton d'Aumale).

161. — M. PIÈTRE-OUVRARD, à Saumur, rue du Portail-Louis, 34.

Portrait d'un enfant de France, par P. Mignard (selon une note de M. Eugène Bataille, conservateur du Musée de Versailles).

162. — M. VÉTAULT, à Angers, place de Lorraine.

Joseph Vernet : dessin sépia, provenant de la collection Livois.

163. — M. KOLMAN, à Angers.

Fusil Louis XVI.

Tabatière allemande, XVIII^e^ siècle, avec miniature : Pyrame et Thisbé.

Tabatière avec miniature sur ivoire : la Marchande d'amours.

Bernard Palissy : carreau provenant du château d'Ecouen (1545).

164. — M. KOLMAN, à Angers.

Une vitrine renfermant une série de monnaies et de sceaux du XIII^e^ au XVIII^e^ siècle, des moules en terre de l'époque romaine, mosaïques, clefs, etc.

165. — M^me^ BELŒUF, à Angers, rue Ménage 23.

Broderies au plumetis et point d'armes.

166. — M. JACQUET (Victor), à Angers, rue de la Chalouère, 25.

Deux tableaux brodés en soie : sainte Élisabeth; sainte Marguerite ; XVII^e^ siècle.

167. — M. D'ESPINAY, à Angers.

Médailles trouvées à Tunis : quatre de Carthage, une romaine, une cufique.

168. — M. D'ESPINAY, à Angers.

Deux bracelets, une bague, une paire de boucles d'oreilles (Kabylie).

169. — M. LEMESLE, à Angers, place du Lycée, 27.

École italienne du xv^e^ siècle. — Assomption de la Vierge.

Lethière. — Brutus condamne ses fils (esquisse).

Attribué à François Chauveau (signé F. C.). — Intérieur d'atelier de sculpteur.

Berkeydem (école hollandaise, xvii^e^ siècle). — Vue d'Amsterdam.

170. — M. LEMESLE, à Angers.

Picot — Paysage, campagne romaine.

J. Vernet (attribué à). — Marine.

Baptême de Clovis, dessin sépia.

171. — M^me^ GODARD, à Angers, rue de Bel-Air.

Faïences parlantes de Nevers :

Deux assiettes professionnelles : Michel Lepron, curé de Saint-Maurice d'Angers (1767). (Série complétée par les n^os^ 177 et 183).

172. — M. LAMARQUE, à Angers.

Rouen : Soupière et plateau à la corne.

Rouen : Plat oblong, id.

Rouen : Deux assiettes, id.

Moustier : Plat rond, polychrome.

Moustier : Plat oblong, dessin Callot.

Moustier : Assiette, dessin Berain.

173. — M. LE MARIÉ, curé de Melay (Maine-et-Loire).

Copie de la Vierge de Mignard, du musée d'Angers.

174. — M^me^ MORDRET, à Angers.

Émaux :

Deux pendants : La Pentecôte; Jésus et les Saintes Femmes.

Baptême du Christ.
Junon et Pallas.

175. — Mme MORDRET, à Angers.

Émaux :
Enlèvement de Déjanire ; XVIe siècle.
Portrait de femme ; monogramme : N L.
Saint François Xavier ; cadre octogone en écaille et cuivre doré.
Marie-Madeleine.
Nymphe portant un vase.

176. — M. DOLBEAU, à Angers, Chaussée-St-Pierre.

Émail de Jean Laudin : *Mater Dei*.

177. — Mme GODARD, à Angers.

Deux assiettes (voir au nº 171).

178. — M. LAMARQUE, à Angers.

Moustier : Plat jaune, décor grotesque, genre Callot.
Marans : Gargoulette.
Delft : Assiette, décor au perroquet.
Delft : Deux vases, décor bleu.

179. — M. MENUISIER (Gabriel), à Angers, rue de la Gare, 8.

Achille Leclerc. — Panneau de fleurs (genre décoratif).

180. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.

Nevers : Gourde ; XVIIIe siècle.

181. — M. KOLMAN, à Angers.

Verre de Venise.
Delft : Assiette, décor vert.
Strasbourg : Pot.
Nevers : Pot.
Pot du Japon.

182. — M. CHAIGNON, peintre, à Suette (Maine-et-Loire).

* Christ, ivoire; XVII^e siècle.

183. — M^me GODARD, à Angers.

Deux assiettes (voir au n° 171).

184. — M. HUART (Jules), à Angers, boulevard de Laval, 50.

Tabatière or et noir : Sacrifice à l'amour; XVIII^e siècle.
Plat Faenza : Moïse prêchant sur le Sinaï.

185. — M. ADANT, à Angers, quai du Roi-de-Pologne.

* Pot à surprise, faïence professionnelle de Nevers : le Remouleur (1748).
* Nevers : Chauffoir à main, décor bleu et manganèse.
* Nevers : Gourde (1788).
* Deux bannettes, décor polychrome.

186. — M. ADANT, à Angers.

* Strasbourg : Plat.
* Nevers : Plat rond.
* Nevers : Trois saladiers.

187. — M^lle GAILLARD, à Montmorillon (Vienne). Correspondant : M^me la vicomtesse de Broc.

* Deux portes; Renaissance.
* Quatre pilastres et frontons.

188. — M. ADANT, à Angers.

* Nevers : Huit assiettes révolutionnaires.

189. — M. ADANT, à Angers.

* Nevers : Assiette professionnelle : Régisseur d'une carrière d'ardoise.
* Nevers : Treize assiettes populaires,

190. — M. SAVATON-VARANNES, à Angers, rue Desjardins, 5.

Nevers : Pot et cuvette (1790).

191. — M. ADANT, à Angers.

*Douze assiettes populaires; XVIII^e siècle.

192. — M. ADANT, à Angers.

*Christ, cuivre; XII^e siècle.
*Christ, cuivre; XVI^e siècle.
*Christ, ivoire; XVII^e siècle.
*Cabaret de Ramponneau (gravure); XVIII^e siècle.
*Panneau, XVII^e siècle : La Bénédiction d'Esaü.

193. — M. JARRY, à Angers, rue des Deux-Haies.

Nevers : Deux Vierges, statues de faïence.
Soupière, fabrique de Courcelles, signée Forterie.
Pot à surprise, même fabrique.

194. — M. JARRY, à Angers.

Cavalier, faïence de Saintonge.
Canard-soupière, faïence de Lorraine.
Nevers : Lanterne.
Delft : Vase; attributs d'un cordonnier (1644).

195. — M. MICHELET, à Angers.

Miroir chinois.
Peigne des îles de la Sonde.

196. — M. LAMARQUE. à Angers.

Marseille : Soupière.
Moustier : Plat oblong, fleurs, polychrome.
Savone : Plat bleu.
Delft : Deux plats, sujets chinois.

197. — M. LAMARQUE, à Angers.

Marseille : Deux plats, aux oiseaux.
Rouen : Deux plats, à la corne.

198. — M. LAMARQUE, à Angers.

Moustier : Plat bleu, baldaquin.
Plat, vieux chine, feuille verte.

Strasbourg : Soupière.
Marseille : Deux bouquetiers.
Plat polychrome, fabrique d'Artois.

199. — M. KOLMAN, à Angers.

Rouen : Plat oblong à la corne.
Delft : Plat.
Delft : Potiche.

200. — M. JARRY, à Angers.

Epernay : Deux pots à surprise; XVIII^e siècle.
Nevers : Pichet.
Pot à anses, faïence du Midi.

201. — M. MARIONNEAU, à Nantes, boul. Delorme, 14.

Une vitrine : Spécimen du musée archéologique du canton de Vertou (Loire-Inférieure) : Haches en pierre polie; — Haches en bronze; — Stèle funéraire gallo-romaine, sculptée : une femme assise; — briques mérovingiennes; — carcan de justice seigneurial; — etc.

202. — M^me^ veuve CHEVALIER-CIRET, à Angers, rue Saint-Étienne.

Gourde, faïence de Nevers.

203. — M. de VILLIERS, à Angers, rue du Bœuf-Gorgé.

Hanap en verre de Murano, avec les armes de la famille de Villiers.
Assiette en porcelaine de Chine, époque Louis XVI (modèle de la Compagnie des Indes).
Deux assiettes en porcelaine de Chine.
Assiette en porcelaine du Japon.

204. — M. AUGEREAU-LEGROS, à Angers, r. David, 28.

Dessin original de Gauthier, sculpteur angevin; XVIII^e siècle. — Boiserie du chœur et des stalles de la cathédrale.

205. — M. JARRY, à Angers,

Deux pots de pharmacie, Nevers.
Deux cache-pots, faïence du Croisic.

206. — M. CHUDEAU, à Angers.

Apollon, bronze trouvé à Rome.
Boîte en cuivre ciselé, style Louis XVI, provenance espagnole.
Miniature française du XVIII^e^ siècle : portrait d'une dame.

207. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.

Faïences parlantes de Nevers :
Deux assiettes, professionnelle et politique.
Deux assiettes hiératiques.

208. — M. ADANT, à Angers.

* Trois assiettes de Nevers; XVIII^e^ siècle.

209. — M. LACHÈSE (Adolphe), à Angers, rue Saint-Evroult.

Bodinier. — Portrait aux trois crayons; 1855.

210. — M. KOLMAN, à Angers.

Soupière, faïence de Strasbourg.
Baromètre en verre.
Deux verres gravés.
Petit pichet.

211. — M. DEDOUVRES jeune, à Angers, r. du Cornet.

Tabatière flamande, cuivre rouge; personnages incrustés en cuivre jaune.
Deux miniatures, signées Dubourg; XVIII^e^ siècle. — Portraits de M. et M^me^ Allard, artistes de la Comédie française.

212. — M. LAUNAY (François), à Angers, descente de l'Esvière, 3.

Sucrier et son plateau; décor or et relief; monogramme L. B. (Sèvres).

Plat à barbe, Japon.
Plaque de nacre : l'Automne.
Clef de montre, décorée de mosaïques; XIXe siècle.
Boussole en argent; fin du XVIIe siècle.

213. — Mme HUBLIN, à Nueil-sous-les-Aubiers (Deux-Sèvres).

Ecole espagnole.—Vierge embrassant le Christ mort.

214. — M. LEBLEU, à Angers, faubourg Bressigny.

Bonbonnière émaillée; XVIIIe siècle.
Coffre de mariage, bois sculpté; XVIIe siècle.

215. — M. KOLMAN, à Angers.

Plat bleu de Delft.
Plat de Delft, polychrome.
Assiette, faïence de Picardie.
Assiette de Delft, polychrome.

216. — M. LAUMONIER-ROCHARD, à Angers, rue Baudrière, 6.

Deux lions, faïence de Saint-Clément.
Tapis d'Aubusson ; XVIIIe siècle.
Médaillon Malicorne : la Vierge (fab. de Mme Laumonier).

217. — M. COLOMB, à Angers.

Pichet.

218. — M. DUBURGUA, à Angers.

Epée espagnole, quillons droits, coquille ; XVIIe s.
Epée espagnole, coquille; XVIIe siècle.
Epée française, fourreau en chagrin vert ; XVIIIe s.
Epée française, damasquinée acier, or champ-levé; XVIIIe siècle.
Sabre turc.
Yatagan, garniture et poignée en argent.

219. — M. DUBURGUA, à Angers.

Vases étrusques :

Poterie noire, tournée à la main.

Diota à une anse noire, décor géométrique et au canard.

Capis (tasse à deux anses), avec frise : cerf, lions et sphinx affrontés.

Cantharus (coupe à deux anses), terre noire.

220. — M. DUBURGUA, à Angers.

Vases étrusques :

Coupe à piedouche, terre noire.

Vase à sacrifice.

Lacrymatoire, terre jaune, décor au canard, rouge et noir.

Vase à deux anses, terre jaune, décor noir et rouge; frise : canards.

221. — M. DUBURGUA, à Angers.

Vases antiques :

Lacrymatoire étrusque, décor à la panthère.

Deux fragments de plat, terre jaune; frise : panthères et sanglier.

Vase étrusque, terre jaune, décor noir et rouge : lotus et canard.

Vase romain (*gutturnium*), terre jaune, à anse, décor noir à palmes.

222. — M. DUBURGUA, à Angers.

Objets antiques :

Lampe romaine, trouvée à Toscanella.

Deux lacrymatoires.

Vase à deux anses, terre cuite, guirlandes et modillons.

223. — M. DUBURGUA, à Angers.

Vases antiques :

Deux patelles, décor rouge.

Patelle noire (*prefericulum*).
Vase à parfums (*gutturnium*); frise, applique blanche : lierre.

224. — M. JOLLY, à Angers, chemin des Banchais, 9.

Dix gravures : les mois de l'année, sujets religieux ; *Blanchin fecit;* XVIII^e^ siècle.

225. — M. D'ACHON (Charles), à La Roche de Gennes (Maine-et-Loire).

Plateau, porcelaine de Saxe.
Soupière, porcelaine de Saxe.

226. — M. LACOUR, à Angers, rue Monfrou, 12.

Vierge aux trois mains (Russie).
Panneau de chaire à prêcher : Ensevelissement de la Vierge (Russie).

227. — M. HULIN, à Cholet, rue du Coin.

Pendule en albâtre, époque du premier Empire : Cléopâtre.

228. — M. BLORDIER, à Angers.

Harmonica en ébène.
Guerrier, ivoire; XVII^e^ siècle.

229. — M. D'ACHON, à la Roche de Gennes.

Miséricorde ; XV^e^ siècle.
Epée avec coquille ajourée; XVI^e^ siècle.
Poire à poudre; XVI^e^ siècle.
Agrafe de baudrier mérovingienne, trouvée dans un tombeau, près de l'église de Saint-Véterin, à Gennes.
Agrafe de fer recouverte en métal blanc (amphithéâtre de Gennes).

230. — M. D'ACHON, à la Roche de Gennes.

Hache celtique, pierre éclatée.

Morceau de fresque romaine (Gennes).
Tabatière en émail, rinceaux dorés et fleurs; XVIII^e s.
Coffret en broderie argent et soie.
Couteau en écaille, damasquiné en argent; époque Louis XV.

221. — M^me^ D'ANDIGNÉ D'ACHON, à Angers.

Pot au lait, Japon.
Cabinet en *thuya*, avec marqueterie; travail hollandais.

222. — M. BRUN, à Angers, rue Bourgeoise, 12.

Assiette, attributs maçonniques; XVIII^e^ siècle (Beauvais).

223. — M. JOUBAULT (Achille), à Angers, boulevard Ayrault.

* Deux groupes en biscuit, époque Louis XV : les vendanges; la musique.

224. — M. JOUBAULT, à Angers.

Deux briques : dallage de la chambre de Marie de La Tour (château de Thouars).

225. — M. DURAND, sculpteur, à Angers, rue Haute-du-Mail.

Fragment de cadre, époque Louis XVI, attribué à David père.

226. — M^me^ GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Deux peintures sur verre : un rajah; une femme hindoue (Pondichéry).
Peinture sur verre; XVIII^e^ siècle. — Paysage.

227. — M. ADANT, à Angers.

* Six assiettes populaires, faïence de Nevers; XVIII^e^ s.

238. — M. LAUMONIER-ROCHARD, à Angers.

Videpoche Malicorne.
Vierge en bois.

239. — M. EGGER, professeur au Lycée, à Angers.

Carte électorale (en bronze) d'un citoyen d'Athènes du temps de Démosthènes. Traduction : « Apollo-« phanes, fils d'Estiée, petit-fils de Basilides, de « la phratrie (paroisse) de Minerve-Haute. »

240. — M. EGGER, à Angers.

Choix de monnaies grecques, vingt pièces, bronze et argent. Types :

1. Minerve archaïque d'Athènes, deux pièces.
2. Philippe de Macédoine, en Jupiter.
3. Alexandre le Grand, en Hercule, deux pièces.
4. Porc (Eleusis).
5. Jeune cavalier assis (Tarente).
6. Hiéron, roi de Syracuse.
7. Philistis, reine de Syracuse; quadrige au revers.
8. Ptolémée Soter.
9. Apollon de face (Amphipolis), de profil (Marseille).
10. Gorgone (Corinthe, Parium d'Asie-Mineure, Neapolis de Macédoine).
11. Jupiter (ligue achéenne, Ptolémée).
12. Cérès (Salamine).
13. Nymphe (Pharcadon de Thessalie.)
14. Hercule Italien jeune (légende osque, Nuceria).

Une monnaie romaine, denier d'argent de Titus.

241. — M. VAUGUYON (Adolphe de), au Mans, rue du Quartier-de-Cavalerie.

Pistolets allemands; époque Louis XVI.
Fusil italien, de Lazarino Comminazo.
Couteau de chasse polonais.
Epée française ; XVI^e^ siècle.
Epée espagnole ; XVI^e^ siècle.

242. — M. FALIER, ingénieur, au Mans, avenue de Paris.

Buste en faïence de Rouen : Mars.
Ecole flamande. — Allégorie : *Vanitas* (panneau).

243. — M. HÉRY, au Mans, rue Marchande, 2.

* Rouen : seau à glace, décor bleu.
* Sinceny : pichet.
* Pendule Louis XIV, avec culot.
* Strasbourg : plat, de Hannong.
* Buste, époque Louis XIV, faïence de Lunéville.

244. — M. SOYER, au Mans, rue au Lièvre.

Faïences de Rouen :

Assiette à la corne tronquée.
Assiette polychrome à la corbeille.
Assiette à rosace bleu et rouille.
Assiette à décor rayonnant bleu, jaune et noir (pièce rarissime).
Porte-huilier, décor : corne tronquée.

245. — M. SOYER, au Mans.

Strasbourg : assiette, camaïeu rose.
Nevers : pichet.
Delft : plat, décor au poisson.
Aquarelle de Scandrett (école anglaise) : Intérieur de cathédrale.

246. — M. LALLEMAND DE FRÉMINET, au Mans, rue Sainte-Croix.

Echiquier chinois.
Miniature d'Isabey : portrait d'homme.
Miniature d'Augustin : tête d'enfant.
Pot à l'eau et plateau, porcelaine de Chine, fond jaune.
Sèvres : Sucrier, pâte tendre, fond blanc.

247. — M^me^ DE FOULQUES, au Mans, avenue de Paris.

Nattier. — Portrait du colonel marquis de Roye.
Nattier. — Portrait de M^me^ la marquise de Poyanne ; 1781.

248. — M. HÉRY, au Mans, rue Marchande, 2.

*Vase, Nevers ; époque Louis XIII [1].
*Marbre, tête de satyre ; époque Louis XIV.
*Pendule Louis XVI ; socle en marbre bleu turquin.
*Deux candélabres.
*Deux vases en spath fluor.
*Deux vases, faïence de Savone ; 1788.

249. — M. CHRISTOFLAU, au Mans, rue au Lièvre.

Van Spaendonck. — Fleurs.
Teniers. — Atelier d'un cordonnier.
Rembrandt. — Tête d'homme.
Paul Potter. — Animaux.
Boucher. — Portrait d'une dame.
Greuze. — Fragment de la Malédiction.

250. — M. DE VAUGUYON (Adolphe), au Mans.

Santerre. — Portrait d'une dame.
Valette. — Paysage (fusain).
David de Heem. — Nature morte.
Verandael. — Fleurs.
Mme Hersent. — Louis XIV bénissant son petit-fils.

251. — M. J. SINGHER père, au Mans, rue du Quartier-de-Cavalerie.

Murillo. — Sainte Famille.
Van Eckout. — Un bourgmestre.
Van Hugtemburg. — Bataille.
André del Sarte. — La Vierge et l'Enfant.
J. Vernet. — Paysage et cascade.
Roos. — Paysage avec animaux.

252. — M. AUGIER, au Mans, rue Belon.

Deux gouaches : sainte Madeleine, sainte Geneviève.

[1] Cet objet et les suivants sont exposés salle nº 15.

253. — M. CHRISTOFLAU, au Mans.

Coffret incrusté; XVII^e^ siècle.
Coffret Louis XIV, pentures en cuivre.
Statuette en ivoire : un cordelier.
Avignon : pot en faïence.
Montre Louis XVI, avec perles fines.
Montre Louis XVI, avec marcassites.
Porte-cartes de visites, or et ivoire, époque Louis XVI.
Broche en argent avec émeraude.

254. — M. SINGHER (Adolphe), au Mans.

Rouen : Banette, décor Poterat.
Rouen : Plat creux, décor chinois.
Moustier : Plat bleu, décor de Berain.
Moustier : Deux plats décor de Clerycy.
Rouen : Plat au lambrequin.
Rouen : Deux assiettes au carquois.

255. — M. SINGHER (Adolphe), au Mans.

Pot en grès, flamand.
Nevers : Biberon, armorié.
Rouen : Porte-huilier polychrome,
Nevers : Bouteille, bleu intense, décor blanc.
Rouen : Bouteille, décor bleu.
Rouen : Sucrier, polychrome.
Moustier : Ecuelle à couvercle.

256. — M. SINGHER (Adolphe), au Mans.

Rouen : Soupière bleue.
Strasbourg : Plat, de Hannong.
Moustier : Porte-bouquet.
Marseille : Porte-bouquet.
Moustier : Gourde.
Rouen : Plat dentelé à la corne tronquée.
Rouen : Assiette polychrome à la corbeille.

257. — M^me^ MAILLÉ, à Angers, rue des Luisettes.

Coffret en fer forgé et découpé; XV^e^ siècle.

358. — **M. DE LA MONNERAYE, Angers, rue Flore, 2.**

Cinq couteaux, manche d'ivoire ; XVII^e siècle.
Coffret en fer damasquiné ; XVI^e siècle.

359. — **M. DE MAISONNEUVE, au Mans, place de l'Etoile.**

Abraham Mignon. — Fruits et insectes.
Van Stry. — Paysage avec animaux.
Van Bloemen. — Maréchal-ferrant.
Van Hugtembourg. — Deux batailles.
Boot et Boudwyns — Deux paysages avec figures.
Demarne. — La visite du saltimbanque.

360. — **M. HÉRY, au Mans.**

* Brawer — Lecture de la gazette.
* Breughel. — Paysage.
* Salomon Ruysdaël. — Paysage.
* Pierre Molyn. — Canal de Hollande.
* Ommeganck. — Paysage et moutons.
* Adrien Van Ostade. — Maître d'école.
* Decker. — Retour de la chasse.
* Berghem. — Départ pour le marché.
* Sasso Ferrato. — Vierge en prières.

361. — M^lle BOIS, à Angers, rue du Bellay, 45.

Plat, Chine.
Théière, Saxe.
Théière, Chine.
Boîte à thé, Chine.
Bol, Chine.
Deux assiettes, Delft.
Plat, Delft.

362. — M. BERTIN (Alexandre), à Angers, rue d'Orléans, 15.

Plat de Palissy.

263. — M. le comte OGIER d'IVRY, au Château de Chaîne-de-Cœur (Sarthe).

Ecole française : Loutherbourg. — Paysage avec figures.

264. — Mme GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Sept poteries grecques (fouilles de Corinthe, 1856).

265. — Mme GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Lampe romaine.
Hache en pierre (Saint-Domingue).
Théière, porcelaine de Sèvres.
Deux pièces, pots de toilette, d'Orléans.
Cygne et son petit, en jade, travail japonais.
Boîte à éventail, travail persan.
Pantoufles juives.
Boîte en roseau, orientale.
Encrier en cuivre, oriental.

266. — Mme GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Pot kabyle.
Deux flissas kabyles.
Yatagan kabyle.
Poignard persan.
Mors.
Mandoline.
Cachet armorié; XVIIIe siècle.
Scarabée sacré, monté en cachet.
Fac-simile du cachet de Marie-Stuart.

267. — Mme GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Pantoufles angevines; XVIIIe siècle.
Briquet.
Dentelles russes.

268. — M HANCK, capitaine adjudant-major, à Angers.

Chabirs arabes; XVIIIe siècle.

Sabre japonais.
Yatagan arabe.
Flissa kabyle.
Couteau italien.
Stylet corse; XVIII^e^ siècle.
Boîte à koheul.
Poignard italien; XVI^e^ siècle.
Miniature de Focolio; XIX^e^ siècle.

269. — M^me^ ÉDELINE, à Angers, quai Ligny, 32.

École italienne. — Vierge.

270. — M. ESNAULT, menuisier, rue d'Anjou, 18.

Cabinet, écaille et marqueterie; XVII^e^ siècle.
Deux panneaux de bois sculpté; XVI^e^ siècle.

271. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.

Neuf verres, français et de Bohême, gravés et réticulés.
Bouteille, verre.
Cruche italienne.

272. — M. de FARCY, à Angers.

Dix paremens d'autel [1].

1. XV^e^ siècle. Sa petite hauteur fait supposer qu'il était plutôt placé au-dessus de l'autel, au rétable, que sur le devant même de l'autel. Il est en broderie sur fond bleu et représente la sainte Vierge et les douze Apôtres.
2. XV^e^ siècle. En bois sculpté. Il a été argenté et doré du temps de Louis XIV, afin d'imiter les tables d'autel d'argent et de vermeil. Il se divise en deux parties : 1° les *Œuvres de miséricorde* (donner à manger à ceux qui ont faim, à boire à ceux qui ont soif, vêtir ceux qui sont nus, visiter les prisonniers, soigner les malades, ensevelir les morts); 2° la *Parabole du Mauvais Riche et de Lazare*.
3. XVII^e^ siècle. Peint et doré sur toile. Au milieu, sous un riche baldaquin, un personnage tient une coupe remplie de vin ; à droite, une femme porte une grappe de raisin ; à gauche, une autre por-

[1] Cinq sont exposés dans le couloir de la salle n° 30.

tait un pain, symbole du sacrifice du pain et du vin ; on a eu la malheureuse idée de remplacer ce pain par un cygne.

4. XVII^e siècle. Réappliqué récemment sur fond d'argent. Au milieu d'un cartouche, entre des rinceaux médiocrement dessinés et des fleurs beaucoup mieux réussies, on voit le Sauveur du Monde présentant sa croix.
5. XVII^e siècle. Fond de laine blanche, décoré de fleurs au passé et d'un médaillon représentant sainte Anne.
6. XVII^e siècle. Fond rouge, et brodé en jais avec rinceaux très-riches et le nom de Jésus au milieu.
7. XVII^e siècle. Fond de jais blanc, semé de bouquets de roses.
8. XVII^e siècle. Fond aurore, brodé en jais avec une grande croix de Malte. On a voulu imiter en jais le point de Venise.
9. XVII^e siècle. Fond vert, brodé en perles et en jais.
10. XVII^e siècle. Fond rouge ; le médaillon central représente le Saint-Esprit.

273. — M. de FARCY, à Angers.

Trois tapisseries : vie de saint Guillaume, duc d'Aquitaine ; XVI^e siècle.

274. — M. de FARCY, à Angers.

Orfroi de chape en forme de croix de chasuble, broderie au point de chaînette ; XIII^e siècle.

Ornements d'église, XV^e et XVI^e siècles : une pièce [1] (longueur, 5^m,50 ; hauteur, 1^m,50), comprenant :

1. Orfrois de chape. Magnifique broderie au point de chaînette très-fin et or. Sous des niches d'architecture, dont les feuillages et les clochetons sont remarquablement nuancés, l'artiste a figuré les personnages suivants : Marie Madeleine, saint Jacques, sainte Marguerite, saint Paul, sur l'orfroi du côté gauche, et, sur celui du côté droit : saint Jean et saint Pierre. Des perroquets relèvent de leurs vives couleurs le fond d'or entre les niches et les clochetons.
2. Croix et devant de chasuble. De nombreux personnages, groupés comme dans les miniatures des manuscrits, représentent les scènes de la Passion de Notre-Seigneur.
3. Quatre bandes de dalmatiques bien conservées, d'un type qu'on rencontre très-fréquemment ; elles sont ornées de « tabernacles » ou niches d'architecture, renfermant des apôtres, des saintes, des évêques, saint Fiacre, etc.

[1] Dans le couloir de la salle n° 30.

4. Un bras de croix de chasuble représentant un évêque.
5. Croix de chasuble. En haut, le Père Eternel tenant la boule du Monde et bénissant ; au-dessous, Notre-Seigneur sur la croix. Le Christ a été maladroitement restauré ; il devait être fort beau, si l'on en juge par les anges qui reçoivent dans des coupes d'or les gouttes de sang tombant des plaies de Notre-Seigneur ; ils sont d'un très-beau dessin et parfaitement brodés.
6. Croix et devant de chasuble. Au centre la sainte Vierge ; dans les niches d'architecture plusieurs personnages, parmi lesquels sainte Agnès, sainte Barbe et saint André.
7. Orfroi de chape tissé avec l'inscription : *Te Deum laudamus*, un arbre, une couronne entourant le chiffre de Marie et un blason. Il provient de Cologne, où ce genre de tissu était fort en usage.
8. Croix de chasuble : Même sujet que le n° 5. En dessous de la croix, saint Jean soutenant la sainte Vierge ; au bas, Marie Madeleine.
9. Deux orfrois de chape tissés. On rapportait sur ces tissus des figures brodées, comme on peut le voir entre les deux inscriptions *Ihesus* et *Ave preclara*. Les noms de *Ihesus* et de *Maria* alternent avec des arbustes et des rosaces. Même provenance que le n° 7.
10. Croix de chasuble. Notre-Seigneur sur la croix ; au-dessus était le Père Eternel, au-dessous la sainte Vierge et saint Jean, plus bas la Madeleine. Ces personnages ont été enlevés.
11. Croix et devant de chasuble. Même sujet principal que le numéro précédent. Tout le fond est tissé en fil d'or et non plus en couchure comme dans les autres. Les personnages, les galons sont brodés très-légèrement au moyen de soies de couleur. C'était une méthode très-expéditive et économique.
12. Croix de chasuble : Notre-Seigneur sur la croix ; un blason à la partie supérieure.
13. Deux personnages, un roi et un prophète, provenant d'une chasuble. Ils sont exécutés avec une finesse extraordinaire.
14. Croix et devant d'une magnifique chasuble. L'arbre de Jessé remplit la croix ; les trois rois Mages ornent le devant. Ces objets viennent de Berne.
15. Croix de chasuble : Notre-Seigneur sur la croix, le Saint-Esprit au-dessus ; à droite et à gauche, deux anges recevant le sang précieux dans des coupes d'or ; en dessous, saint Paul et un prophète.
16. Deux bras de croix de chasuble : La Vierge et l'archange Gabriel.
17. Croix et devant de chasuble, grossièrement réparés : Notre-Seigneur sur la croix, le Père Eternel au-dessus, saint Pierre et saint Paul dans les bras ; au-dessous, la sainte Vierge et saint Jean ; sur le devant, la sainte Vierge et saint Jean.
18. Centre de chasuble : Saint Jean l'Evangéliste.
19. Trois bandes de dalmatiques, ornées de saints et de saintes.

20. Une croix de chasuble : Des apôtres deux à deux.
21. Médaillon représentant saint Jacques. Broderie remarquable; des fils d'or étaient tendus sous tout le ciel avant qu'on y mît les soies de couleur.

275. — M. de FARCY, à Angers.

Ornements d'église, XVI^e^ siècle : une pièce [1] (longueur, 4^m^,20; hauteur, 1^m^,40), comprenant :

1. Centre de chasuble : La sainte Vierge dans une auréole flamboyante.
2. Croix et devant de chasuble sur fond de velours : L'arbre de Jessé, très-jolie broderie en application relevée de broderies d'or et de soies. Chaque roi tenait une banderole, sur laquelle était écrit son nom; on en distingue encore quelques-uns.
3. Chasuble de deuil, mutilée. Cette magnifique broderie, sur laquelle on voit des plumes, des têtes de mort, des trompettes du jugement, avec ces mots : *Venite ad judicium Dei*, et ces autres : *Beati qui in Domino moriuntur*, est un des plus beaux spécimens qu'on puisse voir. Le Christ et la Madeleine sont parfaitement exécutés. Une chasuble de ce genre est décrite dans l'inventaire de la reine Louise de Lorraine, au château de Chenonceaux.
4. Centre de croix de chasuble : Le baptême de N.-S.
5. Centre de chaperon : Saint Martin coupant son manteau pour le donner à un pauvre.
6. Chape en velours bleu, mutilée. Le chaperon, fort petit, représentait N.-S. dans sa gloire; il n'en reste que la moitié. Au-dessous, sur le fond de la chape, la sainte Vierge est enlevée au ciel par des chérubins; elle est entourée de quatre chérubins, de fleurs de lis et de fleurons, d'une forme élégante. On en voit de semblables sur une chasuble du Musée archéologique de Nantes.
7. Deux orfrois de chape : Des apôtres dans des niches d'architecture.
8. Chaperon de forme légèrement ogivale : La naissance de N.-S.
9. Chaperon : L'Assomption de la sainte Vierge.
10. Chaperon mutilé : L'Adoration des Mages.
11. Sujet détaché : Saint Jean-Baptiste.
12. Orfrois et chaperon. Les orfrois ont pour sujet des apôtres et des saints placés deux à deux dans des niches d'architecture. Le chaperon est fort intéressant; il représente les cardinaux, archevêques et évêques groupés autour du Pape.
13. Bande de dalmatique en couchure de fil d'or, sur laquelle sont brodés trois écussons portant les instruments de la Passion.
14. Orfrois de chape. Dans des niches d'un style tout particulier on voit S. Gervais et S. Protais; en dessous, deux autres personnages.

[1] Dans le couloir de la salle n° 30.

276. — M. de FARCY, à Angers.

Ornements d'église, XVII^e^ et XVIII^e^ siècles : une pièce [1] (longueur, 3^m^,15; hauteur, 1^m^,40), comprenant :

1. Colonne de croix de chasuble, brodée au passé, ornée de roses sur fond jaune.
2. Chasuble et manipule sur satin blanc, brodé à la manière chinoise.
3. Chasuble, étole et manipule sur gros de Tours blanc, au passé en laine et en soie; au centre, l'épi de blé et la grappe de raisin; très-beau travail, parfaitement conservé.
4. Centre de chasuble avec le chiffre de la sainte Vierge au milieu d'une gloire, broderie d'or.
5. Centre de chasuble représentant la Vierge, au passé, au milieu d'un cartouche en relief.
6. Centre de chasuble, représentant l'Annonciation. Les dessins sont obtenus sur des fils d'or au moyen de points de soies de couleur plus ou moins ornés; travail long, mais exécuté d'après un mauvais dessin.
7. Tête de la Vierge, provenant d'un voile de calice : broderie sur satin; la peinture a fait ici la moitié du travail.
8. Croix de chasuble (incomplète), sur fond rouge : imitation de point de Venise en soies de diverses couleurs. Ce genre d'ornementation était fort à la mode; on le faisait en jais, en dentelle d'or et d'argent, etc.
9. Quatre petites bandes brodées, jointes autrefois à un des parements d'autel exposés sous le n° 272.
10. Dalmatique, taillée en forme de chasuble; les fleurs sont brodées au passé et relevées d'or et d'argent.
11. Deux bandes de dalmatique, brodées en chenille et en cordonnet.
12. Dalmatique, malheureusement mutilée, ornée de fleurs et de médaillons à personnages qui laissent beaucoup à désirer sous le rapport du dessin et parmi lesquels on distingue S. Maurice; tout le fond est en couchure de soie blanche.
13. Centre de chasuble, représentant S. Jean l'Évangéliste.
14. Chaperon sur fond blanc, un agneau au centre.
15. Orfroi de chape brodé d'or et de fleurs.

277. — M. de FARCY, à Angers.

Ornements d'église en tapisserie; XVII^e^ et XVIII^e^ siècles, une pièce [2] (longueur, 2^m^,70; hauteur, 1^m^,40); comprenant :

1. Chasuble : Vases de fleurs.

[1] Dans le couloir de la salle n° 30.
[2] *Idem.*

2. Chasuble : Branches de roses autour d'une croix couleur de bois; le fond est garni de riches rinceaux.
3. Deux bandes de dalmatiques; fond noir avec larmes, têtes de mort, etc.
4. Manipule au point de Hongrie ; riche dessin.
5. Croix de chasuble à compartiments d'ornements mêlés de fleurs.
6. Croix et devant de chasuble à rinceaux et à fleurs.

278. — M. de FARCY, à Angers.

Sept chasubles entières

1. XVI^e^ siècle. La croix, brodée en rouge sur satin rouge, date du commencement du XVI^e^ siècle ; la sainte Vierge au centre.
2. XVI^e^ siècle. Etoffe autrefois rouge-feu, avec ornements en relief de velours brun ; la croix est ornée de personnages grossièrement exécutés ; le galon, qui est en application de soie bleue découpée, est original.
3. XVI^e^ siècle. Etoffe blanche et verte, lamée d'or.
4. XVIII^e^ siècle. Brodée sur satin blanc, à la manière chinoise.
5. XVIII^e^ siècle. Brodée au crochet sur toile.
6 et 7. XVIII^e^ siècle. Deux chasubles brodées au crochet sur coton.

Velours de Gênes et autres étoffes ; époques Louis XIII et Louis XIV; une pièce [1].

279. — M. de FARCY, à Angers.

Six voiles de calices, XVIII^e^ siècle.

1. Fond violet, brodé en fil d'or nuancé de soies de couleur.
2. Satin rouge, richement bordé d'une dentelle d'or.
3. Fond de velours noir, dont les broderies étaient primitivement sur satin blanc.
4. Fond de satin blanc.
5. Fond de coton blanc.
6. Fond de satin rouge.

Deux bourses, XVIII^e^ siècle; l'une en velours rouge, l'autre en soie rouge et or tissé.

Pale brodée . la Vierge soutenant Notre-Seigneur après la descente de croix, entre deux anges ; XVIII^e^ siècle.

Bande de filet, brodée à personnages (vie de Notre-Seigneur); XVII^e^ siècle.

Médaillon brodé en soie ; XVII^e^ siècle.

[1] Dans le couloir de la salle n° 30.

280. — M. de FARCY, à Angers.

Calice, époque Louis XIII.
Paire de burettes et plateau ; époque Louis XIV.

281. — M. de FARCY, à Angers.

Serrure avec quatre anges ; XV^e^ siècle.
Huit serrures ; XV^e^ siècle.
Deux équerres de porte ; XV^e^ siècle.
Cinq verrous ; XV^e^ siècle.
Verrou ; XVII^e^ siècle.
Trois morceaux de garniture de coffre, serrurerie allemande ; XV^e^ siècle.

282. — M. GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Console Louis XVI.

283. — M. LAMARQUE, à Angers.

Huit verres de Venise.
Delft : Sept assiettes polychromes.
Japon : Deux sucriers.
Rouen : Deux moutardiers.
Savone : Deux assiettes.
Moustier : Bouquetier jaune.
Moustier : Assiette aux oiseaux.
Saxe : Pot au lait.
Boîte émaillée, époque Louis XV.
Tabatière avec miniature : Catherine II de Russie.

284. — M. MENUAU, à Angers, rue du Commerce.

Broderie en soie ; XVIII^e^ siècle.
Eventail, XVIII^e^ siècle ; gouache : pastorale.
Eventail, daté : 1786, avec gouache.
Baguier, Japon.
Miniature, XVIII^e^ siècle : portrait de femme.

285. — M. de FARCY, à Angers.

Assomption de la sainte Vierge, broderie Louis XIV.

Miniature d'un manuscrit : le Père Eternel ; XVe siècle.
Coffre, XVe siècle.

286. — M. l'abbé CHOFFIER, à Vannes (Morbihan).
Reliure du XVIIe siècle, petits fers, maroquin rouge.
Deux émaux : la Pentecôte ; l'Adoration des Mages ; fin du XVIe siècle.

287. — M. D'ACHON, à la Roche de Gennes.
Lampe romaine, bronze, trouvée à Chaumont-sur-Tharonne (Orléanais).

288. — Mme de LA HAYE, à Angers, rue du Bellay, 45.
Bahut gothique; XVe siècle.

289. — M. MOURIN, à Angers, rue Desjardins.
Strasbourg : deux plats longs et cinq plats ronds de Joseph Hannong.
Sucrier et quatre tasses, porcelaine de Locres.
Théière barbeau, de Niederviller.
Pot au lait, Niederviller.
Couverture Louis XIII, soie verte, broderie blanche.

290. — M. l'abbé FOURNIER, à Angers, rue Vauvert, 6.
Quatre panneaux sculptés et peints sur bois ; XVIIe s. : le Sauveur ; la sainte Vierge ; s. Pierre ; s. Paul.

291. — M. du MAS, à Angers, rue de la Préfecture.
Coffre XVIe siècle (restauré par M. Nicolas, rue Toussaint).

292. — M. de LA TOURETTE, à Rochefort-sur-Loire.
Deux miniatures : le Christ et la Vierge; XVIIe siècle; cadre en cuivre doré.

293. — Mme D'ANDIGNÉ-D'ACHON, à Angers.
Table Louis XIII; colonnes torses et pendentifs.

294. — Mme veuve AUBRY, à Angers, place Cupif.
Bouteille en verre avec mascarons.

295. — Mme BRUNÉE, marchande de tapisseries, à Angers.

Hache en fer, trouvée à Sablé.

296. — Mme BRUNÉE, à Angers.

* Trois tapisseries, XVIIIe siècle : Jupiter; toilette de Vénus; Junon [1].

297. — Mme BRUNÉE, à Angers.

Tapisseries [2] :

Trois panneaux encadrés, tapisseries au point, époque Louis XIII, appartenant à M. Gaston du Mas, restaurées par Mme Brunée.

Panneau : Narcisse ; XVIIIe siècle.

Deux panneaux du XVIIIe siècle, l'un restauré, l'autre en cours de restauration, travail de Mme Brunée.

* Quatre tapisseries : chasses et sujets mythologiques; XVIe siècle.

298. — Mme BRUNÉE, à Angers.

* Tapisseries : suite de quatre pièces : une chasse et trois fêtes champêtres ; XVIe siècle [3].

299. — Mme BRUNÉE, à Angers.

Tapisseries [4] :

Deux pièces : verdure, dessins à ramages et animaux ; XVIe siècle.

Une pièce : chasses et personnages; époque Henri IV.

300. — Mme BRUNÉE, à Angers.

* Tapisserie, XVIIIe siècle : verdure et personnage (sujet mythologique) [5].

[1] Dans la salle no 30.
[2] Dans la salle no 42.
[3] Dans la salle no 36.
[4] Dans la grande salle de l'Industrie.
[5] Dans la salle no 38.

301. — SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE de Maine-et-Loire.

Plat au brochet, d'Avisseau père.

302. — Mme BRUNÉE, à Angers.

Tapisseries :

Verdure et animaux.

Satyre, etc.

Sujet religieux.

Litre (pièce de bordure).

303. — M. HANGER, à Fontevrault (Maine-et-Loire).

* Devant d'autel ou de coffre, XVIIe siècle : la Sainte Famille.

* Tableau : portrait d'une religieuse de Fontevrault; XVIIe siècle.

304. — Mme GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Un fusil (fabrique kabyle).

Sept planches à impression d'indiennes, de la fabrique de Tournemines (Angers).

305. — M. de FARCY, à Angers.

Rouen : deux assiettes.

Moustier : assiette avec chasse.

Moustier : assiette avec armoiries.

Nevers : potiche, fond gros bleu, fixé blanc, décor chinois.

306. — M. FOURNIER, conseiller à la Cour, à Angers, rue des Minimes.

Lagrenée. — Une bacchante.

307. — Mme GIRAUD-LESOURD, à Angers.

Œuf de Pâques russe : le Christ ressuscite.

Pantoufles, broderie circassienne.

308. — Mme MORDRET, à Angers.

Triptyque; XVIe siècle. — Adoration des mages et des bergers.

Buste en marbre, XVIIIe siècle : personnage (angevin) et auteur inconnus.

309. — M. de FARCY, à Angers.

Un carton de monnaies gauloises en or, electrum, argent et billon.

310. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.

Faïences de Nevers :

Un pot à eau, faïence politique représentant les trois ordres en 1789.

Vase à fleurs.

Jardinière.

311. — M. CATTERMOLE, à Angers.

Coupe à piedouche italienne.

312. — Mme du BROSSAY, à Angers, r. St-Jacques, 9.

Eventail Louis XV.

Etoffe : soie dauphine rose ; époque Louis XVI.

Etoffe : brocart bleu brodé d'argent.

Boîte à mouches en cuivre émaillé.

Boîte à toilette, pâte tendre de Saint-Cloud (fabrique de Mme veuve Chicaneau).

Sucrier et sa cuiller, faïence de Niederviller.

Face à main, époque du premier Empire.

313. — Mme du BROSSAY, à Angers.

Deux salières en cuivre émaillé (Limoges).

Porte-huiliers, faïence de Haguenau.

Petite coupe indienne.

Tasse à thé, porcelaine à la reine, fabrique de Paris.

314. — M. CHENUAU, à Angers, rue Desjardins.

Nevers : plat drageoir, décor bleu.

Japon : plat doré.

Japon : plat, décor polychrome doré.

314 *bis*. — M. CHAILLOU, aux Rosiers (Maine-et-Loire).

École flamande, XVIII^e^ siècle. — Marine.

314 *ter*. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :

Montpellier : fond jaune, décor polychrome où domine le manganèse ; XVIII^e^ siècle.

Rouen : décor polychrome, genre d'Aprey : la guerre des oiseaux ; fin du XVIII^e^ siècle.

Quimper : décor bleu à lambrequin, imitation rouennaise ; XVIII^e^ siècle.

Rouen : décor polychrome à lambrequin ; époque Louis XIV.

315. — M^me^ veuve FAISAN, à Seiches (Maine-et-Loire).

* Pendule Louis XV, en cuivre et écaille teintée.

316. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :

Saint-Amand-les-Eaux : décor blanc fixé au Marly, manganèse rehaussé de bleu au centre ; XVIII^e^ s.

Marieberg (Suède) : décor blanc fixé rehaussé de bleu ; datée 1760.

Marieberg (Suède) : natée et ajourée, décor polychrome ; blason de M. de Breteuil, ambassadeur de France en Suède ; datée 1768.

Marieberg (Suède) : natée et ajourée, décor camaïeu noir imprimé ; le Marly rehaussé de quintefeuilles au pinceau ; genre anglais du XVIII^e^ siècle, datée 1769.

317. — M. LAIR, à Blou.

Assiette de Lille : décor bleu, genre rouennais ; XVIII^e^ siècle ; signée Boussemaert.

Assiette de Delft : décor polychrome, rehaussé d'or ; XVII^e^ siècle.

Saladier de Rouen : fond bleu lapis, décor polychrome, fabrique de Guilbaut ; XVII^e^ siècle.

Compotier de Rouen : décor polychrome, époque Louis XIV.

318. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :

Rouen : décor polychrome à lambrequins; époque Louis XV.

Rouen : décor polychrome à lambrequins; XVIII^e s.

Rouen : décor polychrome à la corne tronquée; XVIII^e siècle.

Rouen : décor polychrome au carquois; XVIII^e s.

319. — M. LAIR, à Blou.

Assiettes :

Varages : décor polychrome, genre Moustier; XVIII^e s.

Moustier : décor polychrome, grotesques d'après Callot; XVIII^e siècle.

Moustier : décor polychrome à lambrequins, sujet mythologique; XVIII^e siècle; signé Olery.

Sinceny : décor rocaille polychrome; XVIII^e siècle.

320. — M. LAIR, à Blou.

Sinceny : assiette, décor chinois bleu et rouille ; époque Louis XIV.

Sinceny : assiette, décor polychrome, dit « à la rose mousseuse »; époque Louis XV.

Sinceny : compotier, décor polychrome, dit « aux canards »; époque Louis XV.

Rouen : assiette, décor polychrome, dit « à la grenade »; XVIII^e siècle.

321. — M. LAIR, à Blou.

Compotier de Bernard de Palissy décoré de mascarons; XVI^e siècle.

Haguenau : assiette nattée et ajourée, décor polychrome; XVIII^e siècle.

Moustier : plateau rectangulaire, décor rayonnant, genre rouennais; époque Louis XIV.

Rouen : bannette, décor rayonnant, à lambrequins; époque Louis XIV.

Rouen : bannette décor polychrome, à la corne d'abondance.

322. — M. LAGREMOIRE, à Angers, pl. du Ralliement.

Croix en nacre (Jérusalem).

323. — M. de FARCY, à Angers.

Sceaux des rois de France : de 1250 à 1400.

Sceaux d'évêques, abbayes, etc. : de 1200 à 1600.

Sceaux de villes, etc. : de 1200 à 1500.

Matrices en cuivre : du XIV^e^ au XVI^e^ siècle.

324. — M. de FARCY, à Angers.

Divers objets trouvés dans le cimetière mérovingien de Saint-Vigor, à Bayeux.

Bacchus et Génie ailé, bronzes romains.

Cachet d'oculiste romain.

Cuiller à sucre Louis XV, en argent.

325. — M. LAIR, à Blou.

Bayreuth : aiguière, camaïeu bleu; décor : paysage avec mascarons; XVII^e^ siècle.

Munich : aiguière rehaussée d'émaux et d'or, avec personnages; XVII^e^ siècle.

Rouen : hanap, décor polychrome dit « à la corne d'abondance »; XVIII^e^ siècle.

Rouen : hanap, camaïeu bleu, décor lambrequins; XVII^e^ siècle.

326. — M. LAIR, à Blou.

Strasbourg : hanap, décor polychrome emprunté au règne végétal; XVIII^e^ siècle, Joseph Hannong.

Strasbourg : huilier en forme de bateau, décor polychrome; Joseph Hannong.

Strasbourg : sucrier à poudre, forme balustre.

Moustier : cache-pot, camaïeu bleu, décor de Berain; époque Louis XIV.

327. — M. LAIR, à Blou.

Rouen : sucrière à poudre, décor à lambrequin, camaïeu bleu ; époque Louis XIV.
Clermont-Ferrand : sucrière à poudre, décor lambrequin, camaïeu bleu ; époque Louis XIV.
Moustier : sucrière à poudre, à balustre, lambrequins, camaïeu bleu, décor de Berain.
Nevers : petite aiguière avec goulet mouvementé, décor camaïeu bleu.

328. — M. LAIR, à Blou.

Nevers : deux bustes polychromes : Apollon et Diane ; époque Louis XIII.
Nevers : bouteille, décor vert de cuivre avec réserve quadrilobaire jaune, ornée de personnages en bleu, sujet mythologique; XVII^e siècle.

329. — M. LAIR, à Blou.

Nevers : potiche, décor bleu de Perse avec rehauts blanc et jaune; époque Louis XIII.
Nevers : potiche à goulot étranglé, décor bleu de Perse, avec rehauts fixés blanc et jaune.
Sinceny : paire de vases, forme cornet, décor à lambrequins, camaïeu bleu ; signé Guilbaut.
Saint-Cloud : cruche, décor camaïeu bleu à lambrequins; signé Jacques Drancy, 1733.

330. — M. LAIR, à Blou.

Delft : deux magots chinois polychromes, décor au chrysanthème; XVII^e siècle.
Rouen : socle applique, décor jaune ocré : tête de Silène.

331. — M. LAIR, à Blou.

Cuir vénitien, décor en couleur avec métal; XVI^e s.
Cuir vénitien, décor en couleur avec métal; XVII^e s.

Chasuble, point de Hongrie en couleur, décor flambé; travail vénitien, XVI^e siècle.

Chasuble, fond blanc, brodé en soie couleur et métal; XVII^e siècle.

Devant d'autel, fond blanc, application or, rehaussé de cabochons; au centre, la Vierge mère, broderie en couleur; XVII^e siècle[1].

332. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.

Assiette de Delft avec couplet.

333. — M. LAIR, à Blou.

Coupe-gobelet en argent repoussé et ciselé; figures et entrelacs; travail danois, daté 1585.

Coupe de mariage en argent, avec figures et pendeloques; travail norwégien, XVII^e siècle.

Gobelet ciselé et gravé, avec guirlande de lys; époque Louis XIV; travail français.

334. — M. de FARCY, à Angers.

Torques gaulois en or, trouvé dans la commune du Manoir, près Bayeux.

335. — M. BOUCHARD (Alfred), à Angers.

Assiette de Delft, polychrome.

Râpe à tabac : Vénus et l'Amour; XVIII^e siècle.

336. — M. LEDDET, conseiller de préfecture, à Angers.

Râpe à tabac en émail; époque Louis XIV.

Bourse en velours avec deux médaillons en émail; époque Louis XV.

Médaillon en émail : Vénus et les Amours; fin du XVI^e siècle.

Gobelet en émail.

Nini : six médaillons en terre cuite. — Louis XVI,

[1] Exposé dans le couloir de la salle n° 30.

1780; — Marie-Antoinette, 1780; — Hugues-Joseph Gamot, graveur du Roi, 1766; — Thérèse-Élisabeth Leray de Chaumont, 1785; — Benjamin Franklin, 1777; — M^me^ de Flesselles, née Gravier de Libry, intendant de Moulins.

337. — **M. AIVAS, architecte, à Angers.**

Deux vases du Japon.

RECHERCHES BIBLIOGRAHIQUES

SUR LES

MINÉRAIS DE FER

SUIVIES D'UNE

ANCIENNE MINE EN ANJOU

PAR

M. CH. MENIÈRE

En Anjou, le fer oxydulé et les différents oxydes de fer, ont depuis longtemps fixé l'attention des minéralogistes; il est vrai que leur présence au milieu des schistes a été assez abondante pour qu'on cherche à les exploiter, dès les temps les plus anciens, abandonnés pendant quelques siècles, puis repris à nouveau.

La présence du fer oxydulé à l'état de filon en masses irrégulières au milieu de ces rochers, mérite une attention particulière, et avant tout, nous croyons convenable de mettre en relief ceux de nos minéralogistes qui en ont fait une étude spéciale, en déposant dans leurs collections les échantillons rencontrés çà et là au milieu des schistes, ou bien dans leurs leçons sur l'histoire naturelle, dans les cours publics, leurs notes qui servaient à faire leurs cours, surtout à l'époque où l'on

ignorait encore que notre sol ferrugineux était aussi riche.

La quantité de scories qui reposent encore, non loin des lieux qui ont été exploités anciennement, ont de prime abord fait connaître qu'il y avait là une mine exploitée peut-être pendant des siècles, puis abandonnée, et les localités où l'on trouve ces indices sont assez nombreuses pour qu'il n'y ait pas de doute qu'une mine abandonnée, une autre était ouverte, exploitée jusqu'à ce qu'enfin le mineur croyait qu'il avait enlevé tout ce qu'il lui était possible.

Ainsi, à Saint-Léger-des-Bois, dans la forêt de Cambier, à Denée-sur-Loire, à Longuenée, à Beauvau, à Pouancé et dans bien d'autres localités, des scories ferrugineuses, des vestiges de fonte, dans lesquels on reconnaît encore le fer à l'état primitif et le laitier d'une composition variable, allié à des briques du fourneau portatif qui servait à la fonte, prouvent évidemment que toutes ces excavations, n'ont pas été certainement exploitées au même moment, ou du moins on peut accepter, sans crainte d'erreur, qu'elles ont été exploitées à des époques successives. Car enfin, reportons-nous à ce qu'il arriverait aujourd'hui si nous avions à extraire le fer du filon de fer oxydulé qui règne sur toute l'étendue des schistes métamorphiques, à partir d'Angers jusqu'à l'extrémité de notre département. Il ne serait pas sensé d'ouvrir une tranchée sur toute la longueur de cette roche sédimentaire : car en certains endroits le fer change de nature, souvent recouvert de schistes, tandis que d'autres fois il règne sur toute la surface de la roche à des profondeurs différentes, aussi a-t-on dû employer différents fondants.

Nous avons émis précédemment l'opinion dans un mémoire publié, ayant pour titre : *Observations sur d'anciens gîtes métallifères de l'Anjou*, qu'il faut remonter à l'époque de l'âge de fer, c'est-à-dire avant l'invasion romaine, pour croire que l'exploitation se faisait déjà au milieu de notre pays et qu'elle a dû continuer pendant l'invasion ; car le vainqueur avait tout intérêt à se procurer ce qu'il avait sous les yeux, au lieu d'aller le chercher au loin et peut-être avec des qualités inférieures.

Afin de donner à chacun des minéralogistes qui nous ont précédés la part qui leur revient dans les recherches et l'étude de nos minerais de fer, nous commencerons par une *Étude bibliographique* suivie d'une *Note sur une ancienne mine de fer.*

Recherches bibliographiques.

Nous ne croyons pas que jusqu'à ce jour, il ait été fait avec attention des recherches bibliographiques sur les minerais de fer. Depuis le XVIII[e] siècle tous les auteurs se sont répétés en citant les localités reconnues par leurs devanciers, sans se préoccuper si dans nos archives, il était question de traités passés avec les Compagnies possesseurs du sol ferrugineux, avec leurs fermiers, et quel pouvait être à cette époque le droit de chacun ; ce que nous ne devons pas discuter ici.

Nous allons faire ce premier essai, persuadé que nos successeurs pourront rencontrer de nouveaux éclaircis-

sements ; puis nous finirons par une note sur une ancienne mine de fer exploitée autrefois, puis abandonnée et découverte à l'époque où les travaux du chemin de fer conduisant d'Angers à Segré, dans des conditions toutes différentes à celles connues jusqu'à ce jour et dont l'exploitation se faisait à ciel ouvert.

1039. — A La Ferrière, *locus quem vocant Ferrarias* (1039-1060). En cet endroit une mine existait, appartenant au comte d'Anjou, au XIe siècle ; d'après le cartulaire du Ronceray (*Dictionnaire historique* de M. Port, page 146).

Cette dénomination de Ferrières s'adressait également aux Grandes et Petites-Ferrières, commune de Saint-Léger-des-Bois, et avec raison.

En 1150 et même en 1658, l'abbé Michel, le huitième depuis Robert d'Arbrissel, fondateur de l'abbaye de la Roë et possesseur de l'ancienne forêt des Écrennes, attenant à la forêt de Lourzais, entre Pouancé et Craon, accordait l'exploitation des mines de fer qui y existaient : « .... Qu'il demeure, dit-il, dans la mémoire de tous, « que Raginald de Iré a donné à l'église de Sainte-« Marie-de-la-Roë, tous les droits tant sur les tailles que « sur les autres choses qu'il possédait sur la terre nom-« mée des Écrennes, et qu'il a donné l'usage du fer, « que les chanoines de la susdite église peuvent extraire « de ses forges, par un tel contrat que lui-même et son « père Gaufridur et sa mère et son épouse et les héritiers « soient consentants au bénéfice de la même église, en « présence des témoins. »

1635. — Dès cette époque, les mines de Pouancé, aujourd'hui abandonnées, avaient pour maîtres de forge Galais Belot et Jacques de Chauvigné.

1641. — Puis Christophe Bautru, sieur de la Bouillerie, lieutenant d'artillerie en 1641, obtint du roi (Louis XIV) le privilége exclusif « en raison, est-il dit, « des connaissances particulières qu'il avait des métaux « et des lieux, et, après s'être assuré qu'il y avait des « mines de plomb et d'étain à Montrevault, d'exploiter « ou de faire exploiter, chercher ou faire chercher, ouvrir « et profonder dans tout l'Anjou pour tirer métaux et « mineraux et autres choses de prix cachées dans l'inté- « rieur de la terre. » (Extrait du Registre des insinuations du Présidial d'Anjou, 22 août 1641.)

Si Bautru n'avait eu que le désir de fouiller le pays des Mauges, il n'aurait pas demandé l'autorisation que pour ce pays, tandis qu'il demande le privilége de faire ses recherches dans tout l'Anjou. Il devait donc connaître d'autres localités, d'autant plus que le pays des Mauges ne pouvait lui fournir que du mispikel, et que partout ailleurs c'était le fer qui régnait en maître ; car à cette époque il y avait déjà différentes mines qui avaient été en exploitation sur plusieurs points différents de l'Anjou.

Du XI^e^ siècle au XVII^e^, voilà donc trois mines de fer exploitées en Anjou, placées à l'extrémité du département et du filon que nous retrouvons sans difficulté sur toute l'étendue des schistes métamorphiques qui se dirigent d'Angers vers Pouancé.

La minéralogie a été la dernière partie de l'histoire naturelle que l'on ait perfectionnée, elle ne faisait pas un corps de science ; bien que quelques auteurs anciens, Pline entre autres, aient fait mention de quelques substances métalliques, il semble que toute la science appar-

tenait au mineur qui agissait sans direction sérieuse, par habitude avant tout.

1796. — A cette époque, l'École centrale se formait de jeunes professeurs qui réunissaient autour d'eux de nombreux élèves. Renou, l'un d'eux, présenta à l'administration un *Essai sur l'histoire naturelle du département de Maine-et-Loire*, et ce travail, très-important pour l'époque, prouvait en quelques mots que la minéralogie est de droit la base de toute connaissance d'une nation agricole.

1796 ou 1797. — L'ouverture de son cours d'histoire naturelle, l'an X, le 2 frimaire, eut lieu avec une solennité remarquable ; je veux dire qu'il fit preuve de savoir et chercha à faire comprendre à son auditoire les plaisirs qu'on ressent en se livrant à l'étude de l'histoire naturelle. Dans la seconde leçon, il chercha à prouver les avantages qu'on peut retirer [1] des différentes sortes de terres ; il étudia les schistes, les grès et les *mines de fer*, écrivait-il, *sont répandues presque partout*. Ce qu'il a dit devant quarante à soixante élèves, il l'avait écrit dans son cabinet, dans son Essai sur l'histoire naturelle de notre pays, et signalé sur une carte topographique qu'on retrouve dans les Archives de la Préfecture, ainsi que son *Essai sur l'histoire naturelle*. Nous possédons également ces deux manuscrits.

On peut admettre qu'il en savait un peu plus que ses prédécesseurs, après avoir dressé une carte d'hydrologie, également restée inédite ; dans l'explication qu'il donne

[1] Les annuaires de 93 et suivants ont été publiés d'après les notes du professeur Renou.

du carré n° 1, dans ses notes, il indique les communes de Carbay, Pouancé, Saint-Aubin, la Perrière ou Ferrière, Armaillé, Chazé-Henry, Noellet, etc., où l'on trouve la castine ou le calcaire employé dans les fontes du fer, et sur plusieurs de ces communes on trouve le fer, ainsi qu'à la Cochardière, la Saunerie où il remarqua de nombreuses scories. Il a donc eu raison d'écrire et de dire dans ses cours que les mines de fer se trouvaient *presque partout*. Aussi a-t-il eu l'attention de couvrir d'une bande de couleur bleue l'espace compris entre Saint-Barthélemy, près Angers, jusqu'à la commune de Chanveau, Pouancé, ses environs, Segré également, et Noyant. En cela, il prouvait le premier que tous ces schistes recèlent dans leur sein un seul et unique filon de fer, toutefois à des états chimiques différents.

Millet, que nous avons tous connu, étudiait avec lui et notait tout ce qui devait intéresser le géologue ; bien que ce travail n'eût été publié que bien plus tard, c'est-à-dire en 1865, nous avons la certitude que Pouancé, les Vergonnes, la Chapelle-sur-Oudon, la Ferrière, Noyant-la-Gravoyère, Nyoiseau, Combrée, Angrie, Champigné, Querré, Armaillé, Noellet, toutes ces localités ont été étudiées dès cette époque et reconnues comme étant un pays d'où l'on avait extrait le fer, sans compter ce qui pouvait encore rester à exploiter.

1812. — En 1812, Bastard, un des élèves de Renou, fit un cours de minéralogie ; son cabinet, que nous avons visité à Chalonnes, recélait de nombreux échantillons de minerais de fer, portant tous l'indication des localités et se rapportant aux environs de Pouancé et Segré.

1834. — De plus, Desvaux, dans la *Statistique de*

Maine-et-Loire, page 240, s'exprime ainsi au sujet du fer hématite : « .... Auprès de Segré, et 2,000 mètres « avant d'y arriver, on a trouvé le fer hématite près de « la route, en telle quantité, qu'on s'en est servi pour « ferrer la route. Nul doute que ce ne soit un riche mi- « nerai de fer, qui pourrait être *exploité à la fonderie* « *de fer de Pouancé.* » Et, quelques années plus tard, nous le voyons insister sur cette mine, dans un nouveau mémoire.

1837. — Desvaux, en 1837, dans le deuxième volume des *Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences et Arts*, page 189, à l'article Fer hématite compacte et sablonneux, s'exprime ainsi : « Ce minerai qui, de « même que le précédent, présente un état de fer héma- « tite qui n'a point encore été indiqué, se trouve sur le « territoire de La Chapelle, près Segré, où il forme un « assez vaste banc, ou filon *susceptible d'être exploité*, « et qui n'est pas plus éloigné de Pouancé que la mine « de Rougé que l'on tire du département de la Loire- « Inférieure ; il fait partie du terrain de transition et se « trouve dans le terrain philladique où domine le fer, « ce qui ne permet de l'extraire que par sortes de plan- « ches épaisses, qui brisées, ont servi pour le cailloutage « de la route de Segré sur quelques points. »

Ce travail, complet pour l'époque, a été tiré à part et cette dernière observation se trouve à la page 246.

Desvaux indique neuf localités, à partir de celle qu'il désigne au Jardin des Plantes, des Fourneaux à Chaux, Pré-Pigeon, Segré ; mais sans désigner de point intermédiaire.

Toutes ces indications, sauf celles d'Angers, avaient été mentionnées par le professeur Renou.

MM. Lechatellier, Cacarrié, Ollivier, Guittet, n'ont fait que rééditer les localités déjà connues.

1859. — M. Bazin, à Segré, avait réuni différents échantillons de minerais de fer, recueillis dans les environs de Segré, examinés par différents amateurs.

1866. — Nous avons publié un *Essai sur la minéralogie du département*, un volume de 131 pages.

DEUXIÈME PARTIE.

Observations sur une ancienne Mine de fer.

Dans une première étude, nous avons fait connaître quelques localités où l'on a dû, dans les temps les plus reculés, c'est-à-dire vers les x^e^ ou xi^e^ siècles, extraire le fer de notre sol, peut-être même avant cette époque.

Nous disions que dans nos recherches nous n'avions jamais rencontré de galeries servant à l'exploitation de la matière première qu'on rencontrait à l'état de fer hydraté et de fer oxydulé. Pour la première fois, cette année, par suite des travaux exécutés pour l'exploitation du chemin de fer départemental d'Angers à Segré, on a mis à découvert une de ces galeries creusées dans nos schistes; preuve évidente qu'une extraction plus ou moins importante de fer a été faite sur la commune d'Angers, à l'extrémité d'un de nos faubourgs, au bord de la Mayenne, sur la ferme des Loges, propriété appartenant à M. Pelou.

La galerie taillée dans le schiste avait à peine quelques mètres, et d'une largeur de 1^m^,50, haute de 2 mè-

tres, arrivait directement au filon ferrugineux qu'on tenait à exploiter; au milieu de la galerie, il y avait encore une voûte, tandis que d'un côté et d'autre on avait enlevé le minerai qu'on transportait primitivement par la galerie, et plus tard, à l'aide d'un puits foré par lequel le mineur pouvait arriver à la surface de la mine, en longeant le long du schiste servant de rampe à un escalier, par l'exploitation à ciel ouvert. Les murs de cette exploitation étaient de schistes, relevés naturellement, presque perpendiculaires, tandis que la partie supérieure de cette excavation, le toit, était de fer oxydulé en masses, préservant ainsi la décomposition du minerai.

La roche exploitable ou le filon avait de 40 à 45 mètres de longueur sur 15 à 20 mètres d'épaisseur. Enlevé par parties et transporté nous ne savons où; puisque nous n'avons pas trouvé de scories, il faut admettre que la fonte était faite ailleurs.

Ce filon, au milieu des schistes, n'est pas un fait isolé, car différentes localités, reposant sur des schistes, offrent du fer exploitable, quelquefois exploité, d'autres fois abandonné au milieu du travail et la roche soulevante, ce filon oxydulé a donc également joué le rôle d'agent métamorphique.

Dans la Gaule, le fer était en usage longtemps avant l'invasion romaine; les scories qu'on trouve dans différents lieux en sont une preuve bien évidente. Nos pères se servaient d'armes en fer contre les envahisseurs de leur pays, tandis que les Normands, qui dévastèrent fréquemment l'intérieur de la Gaule, sous les premiers successeurs de Charlemagne, ne connaissaient que les armes de bronze et même de pierre.

Pour le géologue qui arrive dans un pays qu'il ne connaît pas, il lui est facile d'obtenir des renseignements sur la géologie à l'aide des cartes sur lesquelles on devrait toujours avoir l'attention de nommer une ferme, une commune, nn hameau, ayant une dénomination, indiquant la nature du sous-sol. Mais avant que ces localités portassent le nom de *ferrières* ou autres, quel était leur nom? il n'a pas été donné au hasard, sans raison. Bien au contraire.

Le mineur, le géologue des VIII^e^ ou X^e^ siècles et même avant, n'avait rien pour le guider, perforer le sol est tout naturel. Etudier alors sa nature, rien de plus simple. Dans notre pays, les schistes fixèrent son attention; et cependant des filons ferrugineux exploitables, les uns se trouvaient à la surface du sol, tandis que d'autres ont été recherchés dans l'intérieur des couches schisteuses.

La charrue qui détachait l'affleurement du sol a dû souvent le guider dans ses recherches, ou bien soyons assurés que les géologues des époques antérieures au X^e^ siècle étaient dignes de porter ce nom. A en juger par ce qui reste, on reconnaît que la roche exploitable a d'abord été dénudée complétement sur une longueur de plus d'un kilomètre, et que ce fut alors que l'extraction a commencé, car le filon effleure le sol dans toute sa longueur.

Voyons d'abord à quel état se trouve le fer; étudions ensuite la roche encaissée ou le fer oxydulé comme filon, puis nous dirons quelques mots de la roche encaissante du schiste. Enfin, nous remarquerons la grande quantité de poudingue ferrugineux placée dans les environs, qu'on ne doit pas regarder comme minerais.

Fer. — La mine exploitée est un fer oxydulé magnétique, mais non bi-polaire, fréquemment à l'état amorphe, en masse compacte à cassure grenue, quelquefois avec cristaux octaedriques empâtés dans la masse. Cette combinaison de fer contient le moins d'oxygène de tous les oxydes; le chimiste le place comme un oxyde qui correspond exactement au ferroso-ferrique de Berzelius; sa cassure à grains fins est brillante comme celle de l'acier; sa couleur gris de fer foncé, à poussière noire et son éclat est métallique. Infusible au chalumeau, il se colore en brun; insoluble dans l'acide nitrique [1].

Ces caractères ne sont pas toujours aussi remarquables, car, dans certains cas, il a un passage de fer oxydulé à une variété nommée Gallingite, d'apparence terreuse, chargée d'oxyde noir de fer, d'alumine en quantité notable et de silice, affectant avec la masse la forme tessulaire.

A l'époque du soulèvement du schiste (roche encaissante), il y a eu, sur une longueur indéterminée, un écart plus ou moins important entre les feuillets du schiste soulevé.

Devons-nous considérer cette masse de fer oxydé comme étant la cause de l'exhaussement, du redressement du schiste? c'est très probable, ou il y a-t-il eu

[1] Cette propriété magnétique est commune à tous les fers qui se rapprochent de l'état métallique; si cette vertu n'est pas toujours sensible, cela tient à l'usage des aiguilles trop fortes. Les pôles magnétiques du fer oxydulé sont situés dans le sein de la terre comme ils le seraient dans une aiguille aimantée librement suspendue. La pesanteur spécifique varie de 4,24 jusqu'à 4,93. Son action sur le barreau aimanté et sa poussière noire ne permettent pas de le confondre avec d'autres plus oxydés.

simplement un remplissage? Nous penchons plutôt vers cette première manière de voir, surtout en examinant le point seul qui fait le sujet de cette étude, tandis que dans d'autres endroits, qui ont été exploités précédemment, la masse de fer est assez abondante pour ne pas douter que le dérangement des couches schisteuses a été causé par le simple soulèvement du fer oxydulé, et qu'il n'y a eu quelquefois qu'un simple remplissage; mais aussi une notable partie de ce fer s'est hydratée, ce qui n'a pas lieu sur ce que nous trouvons près Angers.

Nous trouvons à quelques kilomètres : 1° le fer oligiste métalloïde; 2° le fer oligiste concrétionné ou l'hématite rouge ordinaire; 3° enfin, le fer oxydé rouge terreux passant à la sanguine.

Tous ces états offrent des échantillons en se dirigeant en ligne droite, en suivant le vallon jusqu'à ce qu'on rencontre le chemin vicinal d'Angers à Champigné.

Ce fer oxydulé comme roche éruptive a modifié par son contact les schistes; toutefois, en admettant que les deux roches étaient à un moment donné à l'état plastique, elles peuvent très-bien se fondre, se mélanger à des degrés différents; aussi, ne sommes-nous nullement étonnés de trouver en certains points des passages insensibles. Ainsi, le centre de la roche éruptive offre partout le même aspect et une tendance générale à s'unir avec les éléments de la roche encaissante et à accepter la forme tabulaire des schistes qui ont perdu toute leur forme fissile.

Dans différentes analyses faites sur les échantillons pris sur la lisière de la masse éruptive, on les trouve chargés de matières argileuses; il y a donc une différence notable entre le centre et les bords du

filon, bien qu'il y ait toujours un peu de sulfure de fer.

D'abord, la pression pouvait bien être inégalement répartie ; ensuite, la roche encaissante, soumise à certaines causes physiques et chimiques s'est modifiée tout aussi bien que le fer oxydulé ; les cristaux manquent complétement près des bords du filon, pour passer à l'état de Gallingite.

Au centre se trouvent fréquemment des veinules de quartz blanc qui accompagnaient le filon au moment même de sa formation, et nous verrons plus loin un amas de quartz privé de schiste, mais légèrement ferrugineux et micacé.

Roche encaissante. — Nos schistes argileux, par leur composition, se lient aux micaschistes et aux talchistes, quelquefois aux grès et aux argiles. Leur origine sédimentaire s'est faite par voie d'opération mécanique. On admet avec raison que tous ces schistes ont été formés par suite de la décomposition, de la désagrégation des roches primitives transportées au loin ; broyées, atténuées, passant à l'état de pâte, se déposant irrégulièrement avec des éléments différents, jouissant de la propriété de s'attribuer certains éléments de la roche éruptive.

Les feuillets sont disposés de manière à former différents angles dans leur stratification ; cela dépend de l'état pâteux de l'argile au moment du soulèvement qui paraît s'être fait progressivement, et si quelquefois nous voyons la stratification régulière, nous nous éloignons du centre de la voie ferrée.

A quel étage appartient ce schiste. — D'après les travaux qui s'exécutent pour élever un pont sur la Mayenne, on a retrouvé à une très grande profondeur la roche schis-

teuse faisant suite au schiste des fourneaux, lequel a été relevé en même temps que le calcaire appartenant au dévonien inférieur. Ce schiste est chargé de fossiles, tandis que celui que nous retrouvons à l'extrémité de Reculée n'en contient pas de trace et paraît tout différent quant à la texture et à la composition.

Bien certainement, il appartient à un autre étage, au silurien, et nous ne croyons pas devoir attribuer au granite la modification de cette roche, mais bien aux filons de fer et de quartz, car alors les filons ont produit certains phénomènes peu importants, tels que la silicification et la métallisation d'une certaine partie; aussi, le schiste contient-il un peu de ce fer oxydulé, qu'on peut séparer par la pulvérisation, et si, à l'aide d'un acide, on enlève l'alumine, la chaux, qui entrent dans la composition, on retrouve ce fer oxydulé à l'état pulvérulent, pâteux, prenant un éclat métallique sous le pilon.

Notre honoré collègue, M. Le Breton, n'a-t-il pas recherché quelle pouvait être la nature de ce produit? et bien que ses recherches soient restées inédites, nous nous faisons un devoir de les rappeler, et ce nouveau métal qu'il croyait avoir découvert n'est en réalité que du fer oxydulé ou de la Gallingite.

Toutefois, à un kilomètre de cette mine de fer, on voit une masse de quartz gras, véritable bouton éruptif au milieu du schiste, qui a été bouleversé, éloigné, rejeté de côté et d'autre en subissant l'action de la température, en passant du schiste au grès, tout en conservant les traces de stratification.

Ce filon a une longueur bien déterminée; cependant, il paraît suivre la direction des schistes à partir du

point qui nous occupe sur les bords de la Mayenne jusqu'au Lion-d'Angers, puis de Segré jusqu'à Pouancé. Aussi, trouvons-nous çà et là différentes stations dont les noms seuls indiquent que l'exploitation a eu au moins un commencement, sans qu'on puisse préciser au juste à quel siècle appartiennent ces travaux, et que cette masse de fer a été connue il y a plus de *soixante-dix ans* par notre professeur Renou.

Il y a certains éléments qu'on rencontre à peu près partout dans nos schistes : c'est le fer et souvent le carbonate de fer : le fer, souvent à l'état de sulfure, à l'état d'oxyde également; les argiles qui sont formées par suite de la décomposition des schistes sont toujours ferrugineuses, et les sources d'eau ferrugineuse sont fréquentes dans le voisinage des schistes, indice certain du voisinage des schistes.

Devons-nous attribuer cette formation à la décomposition du fer, à son oxydation dans certains cas? il n'y a pas de doute. Dans d'autres, au contraire, nous trouvons des suintements qui ne contiennent pas trace de fer. Ainsi, depuis l'ouverture de cette ancienne exploitation, le fer ne paraît pas s'oxyder; cela tient sans doute au faible degré d'oxydation du fer oxydulé.

L'eau, chargée d'acide carbonique, en s'infiltrant dans les argiles, au milieu des sables, y forme des dendrites, des dépôts de rouille qui agglomèrent les roches et en forment des poudingues. Aussi, trouvons-nous dans les parties environnantes de cette mine de nombreux poudingues qu'on ne peut attribuer à la décomposition du fer oxydulé, mais bien à un autre oxyde hydraté.

Dans un Mémoire ayant pour titre : *Recherches sur la*

formation journalière du minerai de fer et des lacs, Mémoire auquel la Société hollandaise des sciences de Harlem a décerné une médaille d'or en 1845, M. Daubrée a reconnu et établi que ces dépôts ocreux étaient dus à des sources ferrugineuses chargées de nombreuses carapaces siliceuses d'infusoires appartenant à plusieurs espèces de genres *navicula* et *gaillonella*.

Dans un précédent Mémoire [1] sur les eaux ferrugineuses de l'Anjou, nous nous sommes occupés de la matière organique que l'on retrouve non-seulement dans les eaux limpides, mais aussi dans les eaux ferrugineuses. Nous disions : « la matière organique varie « dans la nature selon les terrains par où passe l'eau qui « l'entraîne ; quelquefois c'est une algue, une conserve, « une oscillaire, qui, exposée à la lumière et à l'air, « commence son existence, se recouvre d'oxyde de fer « et, au lieu de surnager, se précipite et tapisse les « parois des vases à expérience. »

Certaines eaux se troublent aussitôt que la lumière les frappe, l'eau prend une couleur grisâtre en commençant généralement par sa partie supérieure, peu à peu le trouble gagne le fond du vase.

On dit que le fer s'oxyde et se dépose ; je penserais plutôt, écrivions-nous à cette époque, que la matière organique, qui n'est alors qu'à l'état d'embryon imperceptible, absorbe un rayon lumineux et s'allonge toujours de bas en haut. Lorsqu'elle a acquis la grandeur de quelques millimètres, elle se ramifie et se colore d'une teinte d'autant plus intense que sa ramification s'est plus développée.

[1] *Mémoires de la Société académique de Maine-et-Loire*, tome II page 133. — 1858.

Simple supposition de notre part, tandis qu'aujourd'hui on admettra sans difficulté que cette matière organique ou organisée qu'on retrouve également dans les eaux sulfureuses y joue un rôle identique. Le Mémoire de M. Planchard, pharmacien à Forcalquier, sur la formation des eaux minérales, confirme son influence, agissant à la manière des ferments et que la décomposition des eaux sulfatées est due à une matière organisée vivante, agissant à la manière des ferments, absolument comme dans nos eaux ferrugineuses.

Ainsi, dans nos agglomérations des roches, sous forme de poudingues, retrouvons-nous cette matière organisée enveloppée d'oxyde de fer, jouant le rôle d'un ciment, tandis que le fer oxydulé, tant qu'il ne s'est pas oxydé, est rebelle aux ferments organisés, et qu'à partir seulement du moment où il s'hydrate par suite de son contact avec l'eau ou à son contact avec l'air humide, il joue le rôle d'un ciment ferrugineux accompagnant fréquemment la masse éruptive ferrugineuse.

LA

PHYSIOLOGIE CÉRÉBRALE

ET

LA PSYCHOLOGIE [1]

PAR

M. Victor EGGER,

Professeur de philosophie au Lycée d'Angers.

« La psychologie vraiment scientifique, c'est la physiologie du cerveau. » Voilà une proposition aujourd'hui banale et qui passe à l'état de lieu commun dans les préfaces des traités sur le système nerveux publiés par les médecins les plus en renom. On répète sous toutes les formes que la vieille méthode psychologique, l'observation intérieure, est usée, vaine, convaincue d'impuissance. On apprend désormais à connaître l'âme, non par la réflexion, mais par l'autopsie des cerveaux avariés; le trépan et le scalpel ont détrôné la conscience; les figures schématiques remplacent les listes de

[1] Réimpression, avec additions, d'un travail publié dans la *Revue des Deux-Mondes*, n° du 1er novembre 1877.

facultés, chères à l'ancienne école. L'âme n'est que « l'ensemble des fonctions du cerveau, » et la psychologie qu'un chapitre de la physiologie. Pour l'élever au rang de science digne de ce nom, il faut procéder comme pour les fonctions du cœur et de l'estomac; le problème est du même ordre, la méthode identique.

Les esprits les plus éminents et les plus indépendants de l'École de médecine de Paris se sont faits les champions de cette idée. Aucun n'a reconnu les obstacles insurmontables que la logique oppose aux prétentions envahissantes de la physiologie. Aucun n'a songé à démentir ces paroles de Stuart Mill : « Les physiologistes ont plus que personne le travers commun à tous les genres de spécialistes; ils se buttent à chercher dans leur propre spécialité la théorie entière des phénomènes qu'ils étudient, et ne ferment que trop souvent l'oreille aux explications venues d'ailleurs [1]. »

L'apparition récente du livre de M. Luys sur *le Cerveau et ses fonctions* [2] a mis dans son plein jour la tendance de l'école dont il est, sinon une des lumières incontestées, du moins un représentant fidèle. M. Luys est un soldat d'avant-garde; il ignore les ménagements et les hésitations : esprit systématique, il a poussé jusqu'à leurs plus extrêmes limites les idées généralement admises autour de lui. Là où ses confrères ajournent leurs espérances, il affirme sans crainte et sans réserves. Il a hasardé le premier une psychologie physiologique ou une psycho-physiologie complète; il

[1] Stuart Mill, *Etude sur Berkeley* (*Revue philosophique*, 1876).

[2] *Le Cerveau et ses fonctions*, par M. J. Luys, médecin de l'hospice de la Salpêtrière. Paris, Germer-Baillière, 1876. (Bibliothèque scientifique internationale.)

veut, il croit tout expliquer; il ne laisse aucun problème sans une solution apparente, qu'il expose avec une conviction absolue.

Malheureusement, quand on opère avec une méthode vicieuse, plus on lui demande, moins elle donne; plus on croit obtenir d'elle, plus on est trompé. Aussi les résultats proclamés par M. Luys ont-ils été loin d'obtenir l'assentiment des esprits sages de son école : sans méconnaître la haute valeur des travaux anatomiques qui assurent à son nom une durable et légitime notoriété [1], ils se sont élevés contre les conclusions prématurées, les hypothèses aventureuses de sa physiologie cérébrale : l'auteur du nouveau traité sur *le Cerveau et ses fonctions* compromettait la méthode en voulant obtenir de force des résultats qu'elle donnera un jour, mais qu'il faut savoir attendre en les préparant patiemment.

Pour nous, nous nous applaudirions volontiers de la publication de l'ouvrage de M. Luys comme d'un service rendu à la cause de la vérité, si les réflexions qu'il a provoquées et celles qu'il provoquera encore pouvaient être le signal d'une réaction contre la méthode même dont il s'est inspiré après tant d'autres, et dont les défauts peuvent désormais, grâce à lui, apparaître aux yeux les plus indulgents. On peut juger de l'arbre par les fruits : suivre pas à pas M. Luys dans les parties successives de sa doctrine, scruter ses affirmations à la

[1] *Recherches sur le système nerveux cérébro-spinal,* avec un atlas de 40 planches, 1865. — *Iconographie photographique des centres nerveux,* 1873. — Ces deux ouvrages ont été couronnés par l'Académie des sciences; le livre que nous étudions en contient un résumé dans sa première partie.

lumière d'une critique impartiale, fondée sur la logique et le sens commun, ce serait un moyen, et même un moyen facile, bien qu'indirect et compliqué, de faire le procès de la méthode physiologique appliquée à la psychologie; ce serait la réfuter par ses conséquences, ou, comme disent les logiciens, par l'absurde. D'autres l'essaieront peut-être. Quant à nous, c'est l'esprit même du livre, c'est la méthode psycho-physiologique que nous voulons prendre à partie : nous essaierons de juger ses titres au gouvernement de la science de l'âme; nous l'aborderons directement, et nous l'étudierons en elle-même, sans nous préoccuper des applications que M. Luys ou d'autres auteurs en ont faites, sinon pour appuyer de quelques exemples les réflexions qui vont suivre.

I.

Toute doctrine de psychologie physiologique ou de physiologie cérébrale à prétentions psychologiques, ce qui revient au même, porte sur deux ordres de faits : d'une part des faits étendus ou matériels, d'autre part des faits inétendus ou psychologiques, vulgairement nommés *spirituels*. Les faits étendus sont, en premier lieu, les cellules, les fibres, etc., en un mot les organismes anatomiques; ce sont ensuite les mouvements de ces organismes ou de leurs éléments, ou bien les mouvements d'entités matérielles, comme l'électricité, le magnétisme, etc., mouvements qui ont ces organismes pour théâtre. Les faits inétendus sont les pensées, les sentiments, les volontés ou volitions. Ces deux sortes de faits sont différents jusqu'à l'irréductibilité. Les uns sont essentiellement étendus, les autres

essentiellement inétendus. Rien ne peut, ni dans la réalité, ni dans notre imagination, ôter aux premiers, ni donner aux seconds le caractère de l'étendue; voilà en quoi et pourquoi ils sont irréductibles. Cette irréductibilité est actuellement reconnue comme la donnée fondamentale de toute science anthropologique par les savants anglais, psychologues ou physiologistes, et c'est un physicien, Tyndall, qui en a donné la formule la plus heureuse [1]. Sans cet axiome indiscutable, pas de science de l'homme digne de ce nom, c'est-à-dire précise et rigoureuse; rien que des demi-vérités, obscures, équivoques, provisoires, attendant l'analyse et la vérification; aux idées confuses correspond un langage contradictoire et incohérent, qui ne porte dans les esprits qu'une lumière douteuse et troublée.

Il serait temps que la physiologie française daignât se laisser convaincre par l'exemple des physiologistes anglais, au lieu de continuer à accuser les psychologues de rester dans une ignorance funeste à l'égard de ses découvertes. La prétention à un isolement légitime est moins grande, aujourd'hui du moins, en France, chez les psychologues que chez les physiologistes; nous ignorons moins ceux-ci qu'ils ne nous ignorent. Ajoutons qu'à rester dans leur isolement ils perdent plus que nous ne ferions en les imitant : la psychologie peut se constituer indépendamment de la physiologie; mais la réciproque n'est pas vraie : la physiologie cérébrale doit au contraire s'appuyer sur une psychologie ou latente ou formelle. C'est ce que nous allons expliquer.

Les faits inétendus se suffisent à eux-mêmes. Qui dit

[1] Voir, à la fin, la note A.

pensée ou *sentiment* ou *volonté* entend suffisamment ce dont il parle. Si l'on veut étudier ces questions : Quelles sont les différentes sortes de pensées? quelles sont les différentes sortes de sentiments? quelle influence la pensée exerce-t-elle sur la naissance et le développement des sentiments? ou d'autres questions du même genre, le problème est posé en termes parfaitement clairs, la clarté des énoncés est complète, suffisante; la connaissance anatomique du cerveau ne saurait apporter aucune lumière nouvelle; on pourrait même ignorer l'existence du cerveau et traiter tous ces problèmes sans la moindre incompétence. Au contraire, une fois que l'on aborde la physiologie de cet organe, on est dans l'obscurité la plus complète. Le cerveau anatomique est visible et tangible, tandis que ses fonctions physiologiques échappent à toute observation. Là, rien n'est visible, rien n'est tangible; il n'y a rien; la fonction du cerveau est une inconnue dont l'équation n'est même pas posée.

Il semble pourtant qu'il y ait quelque chose; voici comment. Partout ailleurs dans les phénomènes vitaux, entre l'organe et sa fonction le rapport est clair; la fonction se voit ou s'imagine sous la forme de l'organe lui-même en mouvement; le fait anatomique et le fait physiologique sont étendus l'un et l'autre; le second est la suite du premier et le complète : c'est le premier, plus quelque chose; un fait physiologique est un fait *anatomo-physiologique*. Quand on parle des fonctions du cerveau, on imagine, par analogie, des mouvements, et la chose en mouvement est, dans cette imagination, la chose anatomique, la substance cérébrale [1]. Mais cette

[1] Voir, à la fin, la note B.

vue de l'esprit reste une simple *imagination par analogie*, une comparaison sous forme d'image; rien ne la précise, rien ne l'éclaircit, rien ne la confirme; le fait supposé est, selon l'analogie, le fait anatomique, plus quelque chose; mais ce *quelque chose* est une x irréductible. D'autre part, les faits inétendus, purement successifs, sont là pour combler ce vide. On sait vaguement qu'entre cet ordre de faits et le cerveau existe d'une manière générale le même rapport qu'entre un organe et sa fonction, c'est-à-dire que la richesse et la coordination des faits inétendus sont en rapport direct avec le volume et la santé du cerveau; en effet, l'intelligence croît, chez les enfants, avec le cerveau, comme les forces croissent avec les muscles; une commotion à la tête entraîne des troubles de l'intelligence et du sentiment; la science a noté depuis longtemps un certain nombre de faits du même genre, tous très généraux. Donc, dit-on, la fonction du cerveau, c'est la pensée, plus les autres faits inétendus qui se produisent avec la pensée.

Fort bien; mais, entre ce rapport de fonction à organe et le rapport ordinaire, il y a une grande différence, et c'est ce qui rendra si difficile toute localisation particulière et précise d'un acte de l'âme déterminé dans une région spéciale du cerveau. Ailleurs, la fonction, c'est la fonction *de* l'organe, c'est l'organe en fonction, l'organe en mouvement; c'est l'organe, plus quelque chose. Ici, la fonction est *sui generis*, à part, sans rapport avec l'organe, hétérogène à l'organe et à tout l'organe et à tout mouvement; c'est un monde à part, le monde inétendu.

Ainsi, d'un côté nous avons l'organe tout seul, nous

n'avons pas ce quelque chose de l'organe qui s'ajoute à l'organe et constitue sa fonction ; de l'autre côté, nous avons quelque chose qui est aussi tout seul, *sui generis*, à part. Ici, un organe sans fonction ; là, une fonction en quelque sorte inorganique, ou plutôt une prétendue fonction dépourvue des caractères essentiels de la fonction, incapable de jouer le rôle qu'on lui attribue.

On suppose avec raison que ce monde inétendu équivaut à la fonction inconnue. Soit, il en est l'équivalent ; mais il ne la remplace pas pour la science ; car aucune découverte ne pourra établir entre une pensée et un élément cérébral ce lien qui existe entre un muscle et une contraction, entre une glande et une sécrétion.

Voilà donc deux sciences, l'anatomie cérébrale et la psychologie, qui sont incapables de se prêter le moindre secours : elles peuvent et elles doivent se constituer dans l'indépendance la plus parfaite ; elles ne se supposent pas mutuellement ; un infranchissable abîme sépare leurs objets. L'anatomiste ne perd rien à ignorer l'âme ; de même le psychologue ne perd rien à ignorer la constitution du cerveau ; chacun d'eux doit donc faire son œuvre dans l'isolement, sans se préoccuper du travail et des découvertes de l'autre. Les deux sciences sont également simples et claires quant à leurs données et à leurs méthodes. L'une et l'autre ont pour fins des descriptions aussi complètes et détaillées que possible, ici d'un ordre de faits étendus, juxtaposés, solides et colorés, là d'un ordre de faits tout différents, faits inétendus, simplement successifs ou contemporains.

De plus, la psychologie peut dépasser la description, s'élever au rang des sciences inductives, déterminer les lois de la succession ou de la coexistence des faits iné-

tendus, et cela sans sortir de son domaine propre. Elle peut, sans en sortir davantage, reconnaître au sein de l'activité psychologique des éléments supérieurs à l'expérience, les affirmer, déterminer leur relation avec les faits de l'âme, passer des faits et de leurs lois au principe métaphysique des faits, démontrer l'existence des formes et catégories de l'entendement, l'innéité de certaines inclinations, la causalité libre du moi; elle ne cesse pas pour cela d'être la science de l'inétendu; elle ne sort pas de ses limites nécessaires, ou du moins ce n'est pas au nom de sciences dont l'objet n'est pas le sien et n'est pas supérieur au sien qu'on peut lui refuser le droit de passer des spéculations dites *positives* aux spéculations métaphysiques.

Il n'en est pas de même de l'anatomie du cerveau; l'essor lui est défendu; elle ne s'élèvera aux lois qu'en perdant son nom, sa méthode, la sûreté de ses recherches; il faut qu'elle devienne une physiologie, qu'elle passe de l'observation palpable, évidente, à l'hypothèse aventureuse, qu'elle scrute, non plus le cadavre, instrument inerte et docile, mais le malade, être vivant qui réagit, chaos de phénomènes complexes et obscurs, mystère plein de contradictions. Pour se reconnaître dans ce labyrinthe, il faut à la science du cerveau, comme fil conducteur, un programme de recherches bien formulé, aussi précis et rigoureux que possible. Ce programme, la psychologie le lui fournit, ou, pour mieux dire, c'est la psychologie elle-même. L'inconnue, c'est la fonction cérébrale en tant que cérébrale, en tant que représentable sous la forme du cerveau en fonction, sous forme étendue et visible. Or, cette fonction, la psychologie l'a étudiée sous une autre forme, forme donnée à notre

conscience et que nous connaissons immédiatement, sous la forme d'une succession de faits inétendus. Le problème physiologique est donc de trouver la *formule cérébrale* de tout fait de conscience et de toute loi établissant entre des faits de conscience une connexion naturelle dans la durée. Pour poser un problème de ce genre, pour en avoir même l'idée, la psychologie est nécessaire.

La physiologie du cerveau demande donc une double base, l'anatomie d'une part, comme toute étude physiologique, puis la psychologie. Sans une connaissance préalable de la psychologie, la physiologie du cerveau est impossible ; elle n'a ni méthode, ni données.

II.

A ceux qui lui ont déjà fait ces objections, nous imaginons que M. Luys a dû répondre, comme Galilée : « *E pur se muove.* J'ignore la psychologie et les psychologues ; je fais plus, je les dédaigne, et pourtant j'ai fait une physiologie du cerveau ; mon œuvre est là, elle est complète : puis-je douter de son existence? Elle était possible, puisqu'elle est. Comme Diogène, j'ai prouvé le mouvement par une preuve irréfutable, en marchant. La sophistique des psychologues ne vaut pas la peine d'une réfutation en règle [1]. »

[1] Nous n'oserions prêter de pareilles expressions à un auteur qui mérite le respect de ses adversaires par son absolue sincérité et son entier dévoûment à la science, si nous ne trouvions dans sa préface des phrases comme celle-ci : « Il va de soi que cet ordre d'études doit appartenir en propre au médecin physiologiste et au médecin physiologiste seul. C'est à lui qu'il est donné

Notre sophistique serait fort en peine d'elle-même, s'il ne lui était facile d'expliquer comment M. Luys a marché. Il ne pouvait le faire sans psychologie, et nous reconnaissons volontiers qu'il y a de la psychologie dans son livre ; aussi bien, sans une certaine dose de psychologie, ce livre n'aurait pu voir le jour.

C'est qu'il y a deux psychologies, celle du sens commun et celle des psychologues, exactement comme il y a deux physiques, celle du paysan et celle du physicien, deux sciences du corps humain, celle de tout le monde et celle des docteurs en médecine. L'ignorant sait qu'il marche avec ses jambes, voit avec ses yeux, entend par les oreilles ; il dira à l'occasion qu'il souffre de l'estomac, que son cœur bat, etc. Il distingue de même les trois états des corps sous les noms de terre, eau, air ou vapeur ; il sait que le tonnerre et l'éclair sont frères, que le vent amène les nuages, que les nuages contiennent la pluie et que la pluie fait pousser les moissons. Il sait aussi ce que veulent dire les mots *savoir*, *croire*, *hésiter*, *désirer*, *vouloir*, *aimer*, *craindre* ; il sait que toutes ces choses constituent ce qu'il appelle *je*, *moi*, lui-même, son caractère, son *âme*, si ce mot ne lui est pas étranger, sa *personne*, en tant qu'elle ne se voit pas, et qu'il peut, s'il a quelque empire sur sa physionomie, la cacher à tous les yeux. Sa science, en ce domaine comme dans les autres, va aussi loin et ne va pas plus loin que le langage qu'il parle et qu'il entend. Le langage le plus vulgaire, le plus pauvre, contient une esquisse de la psychologie, comme il contient une es-

désormais de revendiquer comme son patrimoine propre *ce domaine de la science de l'homme où, pendant tant de siècles, la philosophie spéculative a si longuement et si stérilement péroré.* »

quisse de la physique et de la science du corps humain, esquisse superficielle, vague, confuse, qui est à la psychologie des psychologues ce que la théorie des quatre éléments est à la physique d'aujourd'hui, ce que l'anatomie et la physiologie d'Homère sont à l'anatomie et à la physiologie de l'école de Paris en 1877. Le sens commun, c'est la science commune; elle s'exprime par le langage courant; science précieuse, seul moyen d'entente entre le maître et l'écolier au début d'un enseignement quelconque, mais simple point de départ, indigne du nom de *science,* si l'on prend ce mot dans son acception véritable, car il n'y a là ni précision, ni divisions rigoureuses, ni aucune des qualités qu'on demande à un ensemble de notions, même très-simples et très-évidentes, pour les élever au rang de science [1].

Voilà la psychologie de l'auteur du *Cerveau et ses fonctions*; il s'en est contenté; à peine y a-t-il ajouté quelques-unes des distinctions et des lois établies depuis longtemps et vulgarisées par un enseignement de plusieurs siècles, comme la division trinaire de l'intelligence dans les anciennes logiques : concevoir, juger, raisonner. Ainsi renforcée, cette psychologie de tout le monde lui a suffi. Mais son tort le plus grave, c'est qu'il paraît n'avoir pas même remarqué l'originalité des notions de ce genre dont il s'est servi. S'il les avait formulées à part, on pourrait du moins excuser leur pauvreté; mais il n'en est rien : sans avertissement, sans préparation aucune, des données psychologiques sont introduites par lui dans son exposé de l'anatomie du cerveau; elles font leur apparition conjointement à des formules phy-

[1] Voir, à la fin, la note C.

siologiques auxquelles elles sont intimement mêlées, sans qu'aucune règle paraisse avoir présidé à l'accouplement de ces expressions discordantes.

Quand, dès sa préface, M. Luys nous annonce et pose en quelque sorte comme aphorisme que « *le cerveau sent*, se souvient et réagit, » nous déclarons déjà ne pas comprendre, et l'incohérence des théories qui nous sont promises nous apparaît comme en germe dans cette proposition, si simple qu'elle soit, si évidente qu'elle paraisse à beaucoup d'esprits. En effet, *sentir* est un fait psychologique; c'est *moi* qui sens, *je* sens, ce n'est pas le cerveau; ce fait, *je sens,* correspond sans doute à un état du cerveau, mais cet état ne peut être désigné par le mot *sentir*, qui est un terme psychologique; l'état cérébral qui correspond à la sensation demande à être nommé selon sa nature, qui est physiologique, cérébrale, étendue, c'est-à-dire physique, dans la plus large acception de ce mot; c'est un fait physiologique, à base anatomique, un fait *anatomo-physiologique;* si on le définit, on doit trouver le cerveau dans la définition; mais dire que *le cerveau sent*, que c'est le cerveau qui sent, c'est dénaturer le fait de sentir et dénaturer l'acte du cerveau.

Nous n'avons garde de nous étonner que, ayant ainsi envisagé la sensation, l'auteur du *Cerveau et ses fonctions* ait accordé une large place à la *sensibilité inconsciente*. Il n'est responsable ni de cette tendance, aujourd'hui à la mode, ni de cette expression, qui, vulgarisée avec la théorie des actions réflexes, est aujourd'hui presque consacrée. En dépit de l'usage, elle constitue, à parler rigoureusement, un non-sens formel : *sentir* est un terme psychologique ; l'adjectif *inconscient* signifie

que ce *sentir*-là est hors de la conscience, c'est-à-dire hors du domaine de la psychologie. L'accouplement de ces deux mots signifie seulement que, par analogie, on croit pouvoir supposer, dans certains cas où l'observation intérieure ne donne pas de sensation, l'x anatomo-physiologique que l'on suppose toujours quand l'observation intérieure donne des sensations.

Revenons à la sensation consciente. M. Luys donne quelque part cette explication de la vision : « Quand la lumière atteint la rétine, l'élément nerveux est frappé dans sa sensibilité intime, il s'érige, il entre en arrêt, il est attentif [1]. » Il n'est pas besoin que le lecteur soit profondément versé dans la psychologie pour que son esprit se refuse à comprendre un pareil langage. Qu'est-ce que la *sensibilité intime* d'un élément nerveux? Un mot vide de sens, ou une entité; si c'est une entité, les vitalistes seuls, puisqu'il n'y a plus de scolastiques, pourront l'admettre; alors que devient la méthode expérimentale et positive dont M. Luys et toute l'école de Paris se disent les partisans exclusifs? qu'est-ce ensuite pour un organe qu'*être frappé dans sa sensibilité?* quelle lumière enfin apportent à la question les trois métaphores, la première physiologique, la seconde cynégétique, la troisième psychologique, par lesquelles la phrase se termine?

Ces sortes de phrases sont malheureusement familières à M. Luys; il y en a en ce genre de plus longues et de plus extraordinaires, qui, paraissant à première vue enveloppées d'une ombre mystérieuse, perdent toute signification réelle, toute valeur scientifique, pour

[1] Page 172.

peu qu'on essaie de les traduire en un langage plus simple et plus rigoureux. D'autres, et des plus autorisés [1], ont fait cette critique avant nous et l'ont appuyée d'exemples significatifs ; aussi est-il superflu d'y insister. Notons cependant un fait étrange : dans le chapitre si important, si central en un pareil livre, du jugement, M. Luys a négligé de distinguer et les éléments constitutifs du jugement et ses différentes espèces, malgré quoi il n'éprouve aucun embarras à décrire le *processus* physiologique du jugement !

Notre intention, nous l'avons dit, n'est pas de poursuivre dans les théories particulières la critique des procédés de pensée et de style qui sont habituels à M. Luys, et qui semblent être devenus pour lui, tant sa sincérité est profonde, sa conviction absolue, comme une seconde nature dont il ne peut secouer l'impérieuse domination. Nous allons concentrer notre examen sur un point capital, sur la distinction, fondamentale en psychologie, des trois opérations de l'âme, et sur la nature de la loi qui relie ces trois opérations. Cette loi, nous l'énoncerions ainsi, dans notre langage : 1° le corps agissant sur l'âme, elle sent ; ou mieux, certain phénomène du corps, appelé *impression*, est l'occasion qui suscite un phénomène psychologique, la *sensation ;* 2° l'activité propre de l'âme est suscitée par la sensation : il se produit une série plus ou moins longue et complexe de faits psychologiques dont les faits du corps ne paraissent à aucun degré causes ou effets ; cette succession est variable et dans sa durée et dans la nature particu-

[1] M. Paul Janet, dans le *Temps*, 29 janvier 1877 ; M. Delbœuf, dans la *Revue scientifique*, 2 septembre 1876.

lière de ses éléments; mais elle consiste toujours en *pensées* et en *sentiments*, et elle se termine souvent par une *volonté;* 3° à la suite de ces faits, et spécialement à la suite d'une émotion ou d'une volonté, a lieu le mouvement, instinctif ou volontaire selon les cas, des organes moteurs du corps. En résumé, d'abord l'âme est *effet*, ensuite elle est *indépendante*, en dernier lieu elle est *cause*.

La formule ordinaire des physiologistes sur ce sujet est : *la sensation — se transforme — en mouvement*, formule creuse où l'on voit un *phénomène intérieur — devenir — un phénomène extérieur*, mais qui peut recevoir une interprétation moins défavorable si l'on se contente d'y voir l'expression de la relation toute physiologique qui existe, par l'intermédiaire mystérieux des faits psychologiques, entre l'impression des organes des sens et le mouvement musculaire; elle signifierait alors : le phénomène intérieur causé par un phénomène extérieur — cause à son tour — un phénomène extérieur. Cette traduction de la formule consacrée a l'avantage d'en supprimer l'hypothèse inintelligible de la transformation d'un phénomène d'un genre particulier en un phénomène tout différent. Mais, sous une forme ou sous une autre, cette formule laisse intact le problème qu'elle croit résoudre : résumant toute l'activité intérieure, entre son premier fait, la sensation, et son dernier, la cause immédiate du mouvement, par un mot vide de tout sens positif, *transformer* ou *causer*, elle dissimule toute la série des faits intérieurs, tout l'objet de la science psychologique, sans expliquer le mystère de la succession des faits hétérogènes.

Le nouvel ouvrage sur *le Cerveau et ses fonctions*

témoigne d'un effort louable pour préciser ce que la formule traditionnelle laissait dans le vague. On jugera si, en fin de compte, l'auteur est arrivé à un résultat plus satisfaisant. Il dit d'abord (nous avons déjà cité cette proposition) que « le cerveau *sent*, — *se souvient*, — *et réagit* [1]. » Cette fois, les trois faits sont du même ordre, ce sont des faits psychologiques ; *sentir* est le premier fait de la série psychologique ; par *réagir*, il faut entendre évidemment le dernier fait de la même série : le mouvement, phénomène extérieur, est ici remplacé par son antécédent immédiat, la cause du mouvement. Mais cette expression, *réagir*, est bien vague, et la précédente, *se souvenir*, si elle est plus déterminée, plus positive, plus scientifique que *se transformer* ou *causer*, nous paraît bien insuffisante : vraiment, n'y a-t-il que des souvenirs entre la sensation et la détermination du mouvement ? l'âme n'est-elle qu'une mémoire ? est-ce que le mathématicien se souvient quand il trouve de nouveaux théorèmes ? le peintre quand il imagine un tableau ? la mère quand elle craint pour son enfant des périls imaginaires ? Si l'âme est une mémoire, c'est une mémoire qui invente, et quand l'âme invente, elle n'est plus une simple mémoire. La mémoire est la base d'un édifice ; gardons-nous de la méconnaître, mais ne nous refusons pas à voir ce qui, porté sur ces précieuses assises, s'élance vers le ciel. De cette proposition : l'âme n'est qu'une mémoire, sans doute un sensualiste admettrait le fond ; mais, en psychologue consciencieux, il rejetterait la forme : des souvenirs élaborés, dissociés, dont les éléments épars ont été réunis par un lien nou-

[1] Préface, p. VIII.

; ne sont plus des souvenirs après qu'ils ont subi
ouble travail de décomposition et de recomposition ;
it reçu une forme nouvelle, ils ne méritent pas de
ler leur nom primitif.

quelques lignes de distance, M. Luys nous propose
nouvelle formule ; il a changé de langage : cette
il parle optique. Il distingue dans l'activité du cer-
ı trois phases : « phase d'incidence, — phase inter-
liaire, — phase de réflexion. » Le premier et le
ième de ces termes sont des métaphores sans
ur. Le second échappe à la critique par son insigni-
ce, nous dirions volontiers sa modestie ; mais, un
plus loin, M. Luys, momentanément fidèle à l'ordre
omparaisons qu'il vient d'adopter, le traduit par une
velle métaphore tirée de la physique : « phosphores-
ce nerveuse. » Ainsi : 1° un rayon tombe sur le cer-
u ; — 2° le cerveau le garde quelque temps, le
veau est phosphorescent ; — puis 3° le cerveau renvoie
ayon. Et voilà le dernier mot de l'auteur sur la loi la
s importante de l'activité de l'âme ! En lisant ces
ories, ou plutôt ces formules, comment ne pas songer
lgré soi à notre grand comique et à ses plaisanteries
enues proverbiales sur la vertu dormitive de l'opium
sur les causes du mutisme chez les jeunes filles ?

Le langage favori de M. Luys est celui de la méca-
ique ; le mot *énergie* revient souvent sous sa plume.
s sortes de termes, transportés hors de leur emploi
écial, perdent toute signification précise, et, ce qui
est pas moins grave, M. Luys, en les employant, s'ex-
se de la part des positivistes vrais au reproche mérité
avoir eu recours, dans un livre de science pure, aux
ées métaphysiques si formellement condamnées par

son école et si durement reprochées par elle aux vitalistes de Montpellier [1].

Parler plusieurs langues est assurément légitime ; mais les parler toutes ensemble, dans la même page ou dans la même phrase, ne saurait l'être autant ; on ne peut vêtir d'un manteau aussi multicolore une science homogène et sérieuse. Quand notre auteur parle la langue de son sujet, la langue psychologique, il en combine les termes, comme au hasard de l'inspiration, avec des termes de mécanique, de physique, d'anatomie ou de physiologie vulgaire ; la réunion de ces éléments inconciliables engendre des expressions complexes et confuses dont l'étrangeté résiste à l'étude la plus impartiale et la plus consciencieuse et ne s'explique enfin que par les imperfections de la pensée qu'elles recouvrent. « Une science est une langue bien faite, » a dit Condillac. La maxime, sous cette forme absolue, est contestable ; mais il est certain qu'une langue mal faite est le signe d'une science mal conçue, d'une science dont la méthode est mauvaise et les bases mal assurées. Tel est malheureusement le cas ordinaire des psychologies physiologiques publiées en France, et M. Luys n'a fait qu'en exagérer les défauts habituels. Croirait-on qu'elle est d'un maître, du doyen actuel de la Faculté de médecine de Paris, la phrase suivante : « C'est par la mise en activité de la substance grise corticale du cerveau que *se manifestent* les divers phénomènes intellectuels [2] »? Il faudrait dire tout au contraire : « L'activité

[1] M. Luys a été loué dans un recueil médical pour son style *vitaliste*, signe, disait-on, d'une tendance qui s'ignore.

[2] Vulpian, *Physiologie du système nerveux*, p. 700.

de la substance grise corticale se manifeste à nous par les faits dits intellectuels. » Nous avons suffisamment démontré que, des deux phénomènes supposés correspondants, le phénomène apparent, connu, manifeste, est le phénomène psychologique ; le phénomène caché, inconnu, à découvrir, est le phénomène physiologique. Le connu ne se manifeste pas par l'inconnu, mais bien l'inconnu par le connu ; c'est même pour cela que la logique nous dit qu'il faut, en toute recherche, aller du connu à l'inconnu.

Mais ce n'est pas aller du connu à l'inconnu, ce n'est pas expliquer la psychologie par la physiologie, que mêler sans critique les deux sortes de phénomènes et les deux vocabulaires par lesquels on les désigne. Accolez une épithète anatomique au nom d'un phénomène intérieur ou une épithète psychologique au nom qui exprime soit un fait anatomique, soit une hypothèse physiologique, le résultat est le même : l'idée représentée par l'épithète, n'ayant aucun rapport possible avec la chose à laquelle vous l'unissez, ne pourra représenter une qualité de cette chose ; le substantif et l'adjectif étant contradictoires, leur alliance ne peut constituer qu'un non-sens. Ainsi *raisonnement cortical*, *désir des couches grises*, *irradiation gaie*, *irradiation triste* [1], sont des expressions condamnées éternellement à ne rien signifier. Parler ainsi, c'est confondre des phénomènes qui peuvent être conditions les uns des autres, antécédents, contemporains nécessaires, avoir des rapports de temps ou de causalité, mais qui ne peuvent avoir aucun rapport d'analogie, même lointaine, qui sont *deux* pour

[1] Nous ne citons pas ; ces exemples sont théoriques.

toujours, qui ne feront jamais *un* groupe unique de phénomènes.

L'usage d'une langue bien faite habitue l'esprit à penser correctement. Il ne faut donc pas s'étonner si l'habitude d'une langue *babélique* a entraîné M. Luys à d'étranges solécismes sur le fond même des choses. Quand il a distingué les trois opérations du cerveau (nous dirions *de l'âme*) : 1° sentir, 2° garder la trace de la sensation, ou se souvenir, 3° réagir, ou susciter des mouvements, il réunit dans la première opération trois ordres de faits très-distincts, que toute bonne psychologie, même élémentaire, doit distinguer : d'abord les sensations que l'on peut appeler *objectives*, puisqu'elles nous font connaître des objets : voir, entendre, palper, etc.; ensuite les sensations *subjectives*, appelées encore *sentiments passifs;* on les comprendra toutes dans cette formule : éprouver du plaisir ou de la douleur; enfin les *sentiments actifs*, comme désirer, aimer, haïr, etc. Ces différences lui échappent; il confond tous ces faits sous le nom commun de *sensibilité*. Or les sentiments passifs et actifs sont des faits où la causalité directe du corps, évidente dans la sensation, disparaît, des faits non pas semblables, mais parallèles aux souvenirs et aux faits de connaissance qui en dérivent, par conséquent des faits qui doivent être rattachés à la seconde opération et non à la première. Bien plus, dans les sentiments actifs, M. Luys aurait pu voir quelque chose d'analogue à ce qu'il appelle la *réaction* (troisième opération); le désir est une tendance active au mouvement; c'est à tort, mais non sans motif, que le langage des anciens le confondait avec la volonté. Ainsi les faits compris par M. Luys dans la première opération dé-

bordent ce cadre trop étroit, envahissent la seconde, et touchent à la troisième.

Voilà un exemple de classification malheureuse. En voici un de définition évidemment peu réfléchie. M. Luys définit la douleur par l'hyperesthésie [1]. Dès lors, pour être conséquent, ne faudrait-il pas soutenir que le plaisir est une anesthésie, que la moindre sensation est la plus agréable, et que l'absence de toute sensation est le parfait bonheur? La félicité se réaliserait donc par la mort? Suivons cette idée en logiciens rigoureux : le rose plaît à l'œil, mais le rouge blesse la vue ! le rouge peut être appelé un rose douloureux, et le rose un rouge aimable ! Que l'hyperesthésie n'aille point sans la douleur, c'est une autre affaire. Épicure avait fondé sur cette vérité son art du bonheur ; son principe était que les plaisirs vifs sont toujours mélangés de douleur, que la pureté du plaisir est au prix de son peu d'intensité ; mais c'est là une loi qui relie l'hyperesthésie et la douleur, ce n'est pas l'identification de ces deux choses parfaitement distinctes, l'intensité de la sensation et sa qualité d'agréable ou douloureuse ; ces deux qualités ne se confondent pas, parce qu'elles se conditionnent en quelque mesure.

Inutile de multiplier les exemples ; ceux qui précèdent suffisent pour montrer tous les défauts de la méthode psycho-physiologique, et avec quelle légèreté ses partisans donnent pour des explications définitives soit de simples rapprochements de mots, soit des analogies vagues entre des phénomènes d'ordres divers.

[1] Pages 90 et suiv.

III.

Loin de nous la pensée d'affirmer la vanité absolue de la physiologie du système nerveux. Malgré les préjugés antipsychologiques des savants adonnés à ce genre d'études, malgré les lacunes et les équivoques d'une méthode purement physiologique dans l'intention, inconsciemment et imparfaitement psychologique, la recherche des fonctions nerveuses, faite avec prudence par des esprits sagaces et rigoureux, a conduit les Claude Bernard, les Vulpian, les Charcot, d'autres encore, à des résultats que le psychologue serait mal venu à nier en présence de l'adhésion unanime des spécialistes. Nous voudrions seulement montrer que, réduite à ses seules forces, ou avec le sens commun pour unique auxiliaire, la physiologie du système nerveux rencontre assez vite des limites qu'elle ne peut dépasser.

Son point de départ, sa base d'opération, ne l'oublions pas, c'est la physiologie des organes non nerveux, physiologie relativement facile, car, dans ce domaine, les fonctions sont ou observables ou imaginables. Partant de là et procédant par analogie, la physiologie veut envahir le domaine obscur des fonctions nerveuses et arriver à le conquérir tout entier, jusqu'au cerveau inclusivement. Ce domaine, elle le circonscrit d'abord, elle en occupe les frontières, en déterminant les fonctions des parties non nerveuses des organes des sens et les fonctions des muscles. De là, elle prétend s'avancer par une double voie, par les nerfs centrifuges et centripètes, jusqu'aux centres nerveux, la moelle d'abord, puis le cerveau, siége des fonctions les plus élevées.

L'étroite relation qui existe entre les nerfs et les organes non nerveux de la sensation ou du mouvement permet d'établir certaines lois, de déterminer à quelles conditions nerveuses correspondent la présence, l'absence, les degrés, les variations, des diverses sensations et des divers mouvements. Le conditionnement de ces faits peut être suivi des nerfs jusque dans les centres, avec quelles difficultés, ceux-là le savent qui l'ont essayé sans idées préconçues, sans parti-pris aveugle. Mais déjà il faut distinguer ici entre la sensation et le mouvement; les centres moteurs peuvent être déterminés moins malaisément que les centres sensitifs : le mouvement se laisse observer du dehors, et cette observation fournit au physiologiste un fondement solide, savoir la nature exacte des phénomènes dont il cherche la cause; tandis que la sensation, fait psychologique, subjectif, ne peut être constatée que par celui qui l'éprouve; or, la plupart du temps, le malade, ou trop ignorant, ou trop affaibli, est incapable d'analyser avec quelque précision ce qu'il ressent; le médecin, de son côté, est trop peu psychologue pour savoir diriger par des questions bien conduites la réflexion du malade et obtenir par ses réponses l'équivalent de l'observation directe à laquelle il ne peut se livrer. Le caractère psychologique de la sensation explique comment la physiologie a obtenu jusqu'à présent de moindres résultats sur ce chapitre que sur celui du mouvement, et ce retard ne porte pas seulement sur les centres sensitifs, mais aussi sur les nerfs eux-mêmes, témoin le nerf du goût, encore problématique, malgré tant d'ingénieuses recherches[1]. Et dans

[1] Voir la *Physiologie* de Küss et Mathias-Duval, p. 466 à 474.

l'étude même du mouvement, quand le physiologiste a déterminé un centre moteur, s'il peut affirmer avec précision sa découverte, c'est à la condition de rester dans les généralités et de dire qu'il y a là, à tel endroit, *une* condition, *une* cause de tel mouvement. Mais les conditions d'un mouvement peuvent et doivent être variées, et la physiologie n'a aucun moyen de les distinguer; le psychologue, par exemple, distingue le motif, qui est une idée, le mobile, qui est un désir, et la volonté; si le physiologiste reconnaît que trois centres président à un mouvement, pourra-t-il dire que dans l'un s'élabore le motif, dans un autre le mobile, et que dans le troisième se produit la volonté[1]? Non; il ne pourra les distinguer que par leurs positions respectives et par leurs caractères anatomiques. Il pourra dire : « Ici il y a une cause de mouvement, du mouvement de tel muscle, » et rien de plus; si on lui demande : « Quelle cause? » il ne pourra rien répondre.

Ainsi, faute de données psychologiques, la physiologie du système nerveux sensitif est incertaine, celle du système nerveux moteur est incomplète. Ce n'est pas tout. Une autre lacune de ces sortes de recherches, c'est la définition physiologique du phénomène nerveux. L'organe est connu; il a une fonction; mais quelle est-elle? — C'est un mouvement, dit-on. — Volontiers; on suppose cela par analogie; et le fait est qu'il est difficile de comprendre une fonction qui ne serait pas un mouvement. Mais quelle sorte de mouvement? — Un mou-

[1] Nous ne prétendons pas que ces trois faits psychologiques doivent être localisés dans trois points différents du cerveau. Ce rapprochement, comme les exemples cités plus haut, est purement théorique ou dialectique.

vement moléculaire. — Évidemment, puisqu'il est invisible. Et après?... Mystère. Pour dissimuler ce mystère, on peut faire appel à l'arsenal varié de comparaisons que fournissent les différents chapitres de la physique, l'électricité, le magnétisme, la thermodynamique, l'optique. Mais, nous ne nous lasserons pas de le répéter, on ne fait pas une science avec des métaphores. Faute de mieux, il est donc sage de s'en tenir aux mots comme *innervation* et autres analogues, tautologies honnêtes, aveux sans fard d'une ignorance actuellement invincible, qu'il vaut mieux reconnaître avec franchise en attendant qu'on puisse aller plus avant et dépasser le point de vue provisoire où la science est actuellement confinée [1].

La vérité est qu'à moins de se borner à désigner les phénomènes nerveux par leurs substratums anatomiques, ce qui est illusoire, on est réduit à les définir par leurs résultats musculaires et visibles, ou bien, comme il arrive pour la sensation, par leurs correspondants psychologiques. Quand la physiologie emploie le premier moyen, elle reste du moins sur son terrain et elle peut atteindre le degré de sûreté que comporte l'emploi de sa méthode propre en ces matières; quand elle emploie le second, sa marche est moins assurée; elle veut être indépendante, elle croit l'être; elle ne l'est pas et ne peut l'être; faute de le reconnaître franchement et d'aller à l'école des psychologues pour marcher d'un pas plus sûr [2], elle balbutie des hypothèses chancelantes en un langage plein d'équivoques.

[1] Voir, à la fin, la note D.

[2] Voir, à la fin, la note E.

Si tel est déjà l'embarras de la psychologie nerveuse quand elle se borne à scruter ce que nous appelons les *rapports de l'âme et du corps*, les faits complexes où des organes visibles aux fonctions évidentes coopèrent à titre de causes ou d'effets à des actes dont une partie seulement reste dans l'ombre, quelle doit être son impuissance quand elle s'aventure dans cet ordre de faits où, pour parler notre langage, l'âme est indépendante, dans les régions purement et proprement psychologiques où s'élabore la pensée, où naissent et meurent les sentiments, dans la région de la science, de l'amour, de la passion, de l'imagination! Voilà la caverne de l'âme! Arrivé là, que fera le physiologiste? Son voyage à travers les nerfs, les centres moteurs et sensitifs, ne lui a pas appris la nature du phénomène nerveux : pourra-t-il faire de la physiologie, chercher les variations que présente ce phénomène dans les centres qu'il a jugé n'être ni sensitifs ni moteurs et auxquels il a attribué l'*idéation?* Il ignore la psychologie : pourra-t-il chercher le lieu d'exercice ou le correspondant anatomo-physiologique de la mémoire, de l'imagination, du raisonnement déductif, de la crainte, de la haine? Tout fil conducteur lui fait défaut; il est enfermé dans un labyrinthe ténébreux, et il n'y apporte lui-même aucune lumière.

Mais supposons-le muni de tous les secours qui lui manquent, en possession d'une vraie science psychologique et d'une bonne définition du phénomène nerveux. Pourra-t-il, en bonne logique, tenir les promesses de ses préfaces, faire rentrer l'activité de l'âme dans la classe des fonctions physiologiques, ramener la nature humaine à l'unité, confirmer son affirmation présomptueuse que la psychologie *positive* ou *vraiment scienti-*

e n'est qu'un chapitre de la physiologie ? Le cerveau plus de mystères ; toutes les fonctions de ses moindres lies sont découvertes ; la fonction cérébrale, en sa ure anatomo-physiologique, est aussi bien connue s tous ses détails que la fonction du cœur, de ses ités et de ses tissus. D'autre part, les faits de l'âme t classés et définis ; les lois de leur enchaînement t établies. Eh bien ! on a trouvé, je suppose, que telle ule a pour fonction : un gonflement du nucléole, des uvements amœboïdes de l'enveloppe, ensuite des uvements péristaltiques des fibres qui y aboutissent ; à de la physiologie. Essayez maintenant de rattacher es phénomènes un quelconque de ceux-ci : doute, viction, désir, joie, crainte, etc. C'est comme si l'on is proposait, étant donnée une couleur, de trouver *le i de cette couleur.*

Je ne prétends pas qu'il serait impossible de démontrer que tel son correspond à telle couleur, si un ême phénomène physique pouvait se manifester à nous is cette double forme ; mais, une fois la loi de correspondance établie, le son et la couleur resteraient deux ts distincts et irréductibles. De même le désir et les uvements nerveux : démontrer qu'ils se correspondent, ce ne sera pas diminuer d'un millimètre l'abîme franchissable qui les sépare ; la science des mouvements organiques ne deviendra pas la science des faits étendus ; elle n'absorbera pas la psychologie. On aura ulement créé une science supérieure qui reliera par s lois synthétiques et les phénomènes distincts et leurs is particulières, comme la thermodynamique relie les énomènes et les lois de la chaleur et de la mécanique. ette science, on pourra l'appeler la *psycho-physiologie*,

et, si nous la supposons faite, — mais nous sommes encore bien loin de pouvoir aborder avec sécurité de tels problèmes, — on conçoit que M. Herbert Spencer, édifiant sur elle une nouvelle forme du panthéisme, soutienne qu'une même réalité se manifeste à nous sous deux aspects différents. C'est là un moyen détourné de ramener la nature humaine à l'unité par la métaphysique, tout en reconnaissant l'irréductibilité des phénomènes. Mais cette métaphysique elle-même se heurte, soit à l'objection de M. Taine, qui fait remarquer que, de ces deux aspects, un seul, étant immédiat, doit être considéré comme vrai, savoir l'aspect inétendu, décrit par la psychologie; — soit à celle des logiciens, qui soutiennent que l'irréductibilité des phénomènes ne permet pas d'opérer sur les substances une réduction dont le fondement légitime fait défaut [1].

Revenons aux conditions actuelles de la science, et, pour nous résumer et conclure, essayons de déterminer avec précision quelle est aujourd'hui la tâche de la physiologie cérébrale et quelle doit être sa méthode.

Avant tout, il faut se convaincre que cette partie de la physiologie présente des difficultés toutes spéciales. La physiologie vulgaire part d'un fait et en cherche un second qui a rapport avec le premier. La physiologie cérébrale part aussi d'un fait anatomique, l'organe; mais le second fait est inconnu, presque inconnaissable, et remplacé dans les données par un troisième, qui lui correspond, mais ne lui ressemble en rien, et qui ne

[1] Voir, à la fin, la note F.

ressemble en rien au premier. Il faut partir du premier et du troisième pour deviner le second. Le problème ressemble donc à celui-ci : étant données les pièces d'un piano démonté, plus les sons d'un piano monté dont on joue, trouver les mouvements qui se passent dans l'intérieur d'un piano quelconque. Suivons cette image : le piano est l'organe; le phénomène physiologique est-il la note entendue ou le coup de marteau que l'on ne voit pas ? c'est évidemment le coup de marteau. Or la note et le coup de marteau sont, de leur nature, hétérogènes. Si vous les confondez, si vous n'avez qu'un seul mot pour désigner une note et un coup de marteau, votre langage est absurde, votre pensée confuse; nous ne savons quelle science vous voulez faire.

Quiconque a souci en pareille matière de parler un langage correct, de penser clairement et distinctement, de faire de la science rigoureuse et précise, devra tout d'abord nettement distinguer ces trois ordres de phénomènes : 1° les phénomènes anatomiques, 2° les phénomènes physiologiques, que leur liaison nécessaire avec les précédents permet d'appeler *anatomo-physiologiques,* 3° les phénomènes psychologiques. Convenons ici, pour donner nous-mêmes à notre langage plus de clarté et de précision, de désigner chacun de ces ordres de faits par un mot unique; nous appellerons le premier *l'organe*, le second *la fonction*, le troisième *l'esprit.* A l'aide de ces termes simples, la méthode que nous voulons définir se formulera sans peine :

L'organe et l'esprit, voilà les bases; quiconque aborde l'étude dont nous parlons devra être préalablement anatomiste et psychologue. La première chose cherchée, la première inconnue, c'est la fonction. Pour la découvrir,

la connaissance de l'organe suffit ; mais, pour aller plus loin, il faut de plus connaître l'esprit. Aller plus loin, c'est chercher la corrélation que l'on suppose exister entre l'organe, la fonction et l'esprit, ou, plus exactement, entre l'organe et la fonction d'une part, la fonction et l'esprit d'autre part. Entre l'organe et la fonction, cette corrélation résulte de la nature même de la fonction, qui est un phénomène *anatomo-physiologique* ; la fonction, c'est l'organe, plus quelque chose ; si on a la fonction, on a le rapport entre l'organe et la fonction, puisque la fonction, par définition, contient et suppose l'organe.

Mais le rapport entre la fonction et l'esprit est une seconde inconnue. Ce rapport ne sera jamais un rapport d'analogie ; ce sera un rapport de correspondance, de simultanéité ; l'esprit et la fonction sont, si l'on veut, les deux faces d'un même fait, ses deux traductions en deux langues différentes, la langue intérieure, inétendue, la langue extérieure, étendue ; quel mot d'un des deux langages correspond à tel mot de l'autre? Voilà le second problème.

Nous avons donc deux bases d'études et deux problèmes : deux bases, l'organe et l'esprit, le cerveau et l'âme, l'anatomie et la psychologie ; deux problèmes : la fonction, l'acte du cerveau, voilà le premier ; le second est le rapport entre la fonction cérébrale et l'esprit, entre l'activité physiologique du cerveau et l'activité psychologique. La solution du premier problème sera la *physiologie du cerveau*, la solution du second sera la *psycho-physiologie*.

Sans ces distinctions, sans cette méthode, la recherche marche au hasard, les bases en sont mal assurées, les conclusions rappellent les élucubrations

de l'alchimie du moyen âge. La physiologie cérébrale ne méritera et n'obtiendra le respect des psychologues que lorsqu'elle se sera soumise à cette discipline, lorsqu'elle aura courbé le front sous l'autorité de la logique, cette puissance impersonnelle qui a sur la science entière le même droit absolu que la loi morale sur les actions humaines.

NOTE A.

Les idées de Tyndall sont surtout connues en France par sa conférence sur *Les forces physiques et la pensée* (*Revue des Cours scientifiques*, 5 décembre 1868); on les retrouve sous une autre forme dans le célèbre discours de Belfast (voir Alb. Réville, *Revue des Deux-Mondes* du 15 mars 1875, article sur *Les sciences naturelles et l'orthodoxie en Angleterre*, p. 304). — Les mêmes vues ont été développées par M. Taine (voir note F); par M. Delbœuf, qui en tire tout un système (*La psychologie comme science positive*, 1876); par Du Bois-Reymond, de Berlin (*Les bornes de la philosophie naturelle*; *Revue scientifique*, 10 octobre 1874); par Cyon, de Saint-Pétersbourg (*Le cœur et le cerveau*; *Revue scientifique*, 22 novembre 1873); etc.

M. Claude Bernard s'est placé à un point de vue un peu différent de celui de Tyndall et du nôtre dans une page remarquable de son discours de réception à l'Académie française, que M. Bouillier (dans son ouvrage sur *La conscience*) rapproche avec raison de la page presque classique de Tyndall. M. Cl. Bernard considère les faits en série successive, non comme simultanés; c'est le point de vue historique et inductif au lieu du point de vue de la définition et de la classification; et il déclare que l'apparition de la conscience dans l'évolution des êtres ou dans celle de l'embryon est un fait que la science objective de la vie est et sera toujours impuissante à expliquer. Au fond, cela revient au même : si l'explication est impossible, c'est que les phénomènes sont hétérogènes, toute explication se faisant de l'analogue à l'ana-

logue. Il en résulte, à tout le moins, que, si la pensée est la fonction du cerveau, elle ne l'est pas au même titre ni de la même manière que la contraction du muscle est la fonction de cet organe.

C'est pourtant là ce qu'a voulu prouver M. Cl. Bernard dans un article de la *Revue des Deux-Mondes* (15 mars 1872) sur *Les fonctions du cerveau*. De Blainville avait conclu sur cette question en affirmant que la pensée a le cerveau, non pour organe, mais pour *substratum*, ajoutant : « Dans l'organe, il y a un rapport visible et nécessaire entre la structure anatomique et la fonction ; dans le cœur, organe de la circulation, la conformation et la disposition des orifices et de leurs valvules rend parfaitement compte de la circulation du sang. Dans le substratum, rien de pareil ne s'observe : le cerveau est le substratum de la pensée; elle a son siége en lui, mais la pensée ne saurait se déduire de l'anatomie cérébrale. » M. Cl. Bernard s'élève contre cette distinction; mais il n'apporte pas un seul fait contre la thèse de Blainville que « la pensée ne saurait se déduire de l'anatomie cérébrale. » Il n'arrive qu'à prouver, d'une part, le rapport général qui existe entre l'objet de la psychologie et le cerveau, d'autre part certains rapports plus déterminés, certaines localisations. La thèse exposée à la première et à la dernière page de l'article dépasse donc les arguments qui sont destinés à l'appuyer. Que le *substratum*, tel que l'entend Blainville, soit une idée « antiscientifique, » cela est possible; mais que le cerveau soit « l'instrument » de la pensée, c'est là une expression que nous ne pouvons admettre.

M. Cl. Bernard n'a donc pas vu le rapport nécessaire qui existe entre l'hétérogénéité historique et l'hétérogénéité actuelle; il reconnaît la première, il semble repousser la seconde. Du Bois-Reymond, lui, ne les sépare pas.

Dans un autre de ses écrits, M. Cl. Bernard s'écarte sur un autre point, mais cette fois plus dans les termes que sur le fond des choses, de la méthode qui est pour nous la seule vraiment scientifique; nous voulons parler du discours prononcé au congrès de Clermont (1876) sur la sensibilité et les actions réflexes, où il soutient que la sensibilité consciente n'est qu'un cas particulier, et d'importance secondaire, d'une propriété générale de la substance nerveuse qu'il appelle la *sensibilité* et dont les faits sont le plus souvent sans conscience

(actions réflexes), et où il donne de cette propriété une définition purement physiologique.

Dans ces deux écrits, M. Cl. Bernard paraît encourager la tendance de l'école dont il est la plus haute illustration, en demandant à la méthode physiologique plus qu'elle ne peut donner, tandis que, dans le discours à l'Académie française, il affirmait implicitement la séparation absolue des deux ordres de faits en niant la possibilité de passer de l'un à l'autre par voie d'explication transformiste. M. Cl. Bernard s'est donc approché sans l'atteindre d'une situation intellectuelle que nous allons essayer de définir et qui nous paraît être la seule *légale* pour le physiologiste philosophe, quand celui-ci se refuse, comme incompétent en psychologie, à accorder à cette science une place dans ses études.

Le physiologiste peut en effet nous objecter qu'il n'a ni le temps ni l'éducation nécessaires pour apprendre la psychologie, qu'il doit faire son œuvre suivant ses habitudes et son éducation, sous peine de s'affaiblir, qu'il est résigné d'avance à savoir cette œuvre imparfaite, susceptible de corrections et d'amendements; d'autres les feront, lui marche en avant.

Une semblable déclaration serait de nature à désarmer le philosophe et à lui faire abandonner ses revendications. Le philosophe peut se dire en effet qu'il en est du matérialisme ainsi entendu comme de son antithèse, l'idéalisme, quand les partisans de cet autre système exclusif le présentent à titre de séduisante et harmonieuse synthèse, douée de toutes les probabilités logiques, esthétiques, morales, mais pour laquelle n'est pas faite la lourde foi qui ne convient qu'aux vérités matérielles ou mathématiques, L'idéalisme et le matérialisme peuvent être considérés comme deux essais égaux en valeur pour ramener à l'unité l'ensemble des faits accessibles à notre expérience, comme deux points de vue, ou deux hypothèses, ou, mieux encore, deux parti-pris, que la pensée peut à bon droit conduire aussi loin que possible, pourvu qu'une pensée supérieure complète et compense le premier par le second, le second par le premier. Le premier, l'idéalisme, consiste dans l'application du point de vue subjectif au monde extérieur; le second, le matérialisme, est l'application du point de vue objectif au monde intérieur, inétendu. Légitimes en tant que parti-pris, quand le penseur reconnaît que son système rencontre un obstacle infranchissable et qu'il le *suppose*

franchi, ils deviennent condamnables quand on *croit* franchir l'obstacle au nom d'un raisonnement nécessairement fautif. Le postulat de l'idéalisme ou du subjectivisme est l'explication de l'espace par la psychologie; celui du matérialisme ou de l'objectivisme est l'explication de l'existence des faits inétendus ou de la conscience par les lois du monde extérieur. Autant ces postulats sont légitimes en tant que postulats, autant sont condamnables les paralogismes par lesquels on essaierait de les démontrer.

L'objectivisme absolu que professe M. Cl. Bernard dans la plupart de ses écrits ne saurait donc être sévèrement critiqué: il a le droit d'être objectiviste par parti-pris, par méthode, par métier librement choisi; il est physiologiste, il veut avec raison rester tel; sa force est dans sa fidélité à sa méthode. Nous voudrions seulement qu'il eût lui-même ainsi défini son rôle et sa mission. On pourrait considérer son discours académique comme nous donnant cette satisfaction, si l'aveu qu'il renferme sur les limites de la méthode physiologique n'était incomplet, et surtout si M. Cl. Bernard ne paraissait en avoir oublié en 1872 les conséquences nécessaires.

Nous ne saurions d'ailleurs nous approprier la théorie que nous venons d'exposer sans y ajouter une remarque importante : c'est que le point de vue objectif est le point de vue du relatif; car la sensation suppose la conscience; l'espace a la pensée pour condition; forme du monde extérieur, il a, en quelque sorte, lui-même une forme, la pure succession, le temps; tandis que le point de vue subjectif est celui de l'absolu, la pensée ne supposant rien en dehors d'elle-même. Si donc les deux parti-pris sont légitimes, l'un a plus de droits et plus de valeur que l'autre. Ce n'est pas le lieu d'insister sur les conséquences et la portée de cette restriction.

Note B.

Avant d'en arriver à cette conception, le matérialisme devait fournir et a fourni en effet plusieurs étapes :

1° Avant que la physiologie fût constituée comme science et que l'idée de la fonction fût établie, on considéra l'âme comme un organe et on en donna des définitions anatomiques;

ainsi pour les Épicuriens l'âme est un composé d'atomes solides et ronds.

2° L'âme n'est pas un organe, mais le produit d'un organe, produit fluide, mais matériel : la pensée est la sécrétion du cerveau.

La troisième forme de la doctrine est celle que nous étudions. On voit qu'avec le progrès de la science, la formule matérialiste *se dématérialise* peu à peu.

Note C.

Voilà peut-être ce qu'il convient de conserver de la théorie éclectique du sens commun. Le sens commun consisterait moins en jugements, en affirmations, en doctrines, qu'en simples notions. L'intelligence humaine se livre depuis des siècles à un vaste travail de généralisation et de classification sur tous les objets qu'elle conçoit. Ce travail sert à former e langage ; il se continue d'une génération à l'autre sans interruption ; car les résultats en sont toujours transmis des parents aux enfants avec la première éducation. Le sens commun d'une nation est formulé dans son dictionnaire, et la *lexicologie comparée*, si cette science existait, serait l'étude du sens commun de l'humanité. Il va de soi que ces généralisations doivent toujours être révisées par le savant : ainsi les trois mots si souvent opposés deux à deux, *esprit, cœur, caractère,* constituent une esquisse de la théorie des facultés de l'âme ; mais le psychologue ne saurait s'en contenter : *esprit* et *cœur* ne s'appliquent qu'à la partie active de l'intelligence et de la sensibilité ; *caractère* confond la nature, l'habitude et la volonté. Et c'est justement parce que le langage vulgaire est toujours l'expression de classifications insuffisamment complètes et précises que les savants, ne pouvant ni accepter le sens usuel des mots, ni leur imposer un sens nouveau plus précis et le faire accepter, sont souvent réduits au néologisme : des idées nouvelles veulent des mots nouveaux. Il n'en est pas moins vrai que les sens usuels des mots, que les changements de ces sens, que les équivoques mêmes du langage vulgaire sont fondées en raison et reposent sur l'observation de rapports vrais entre les choses ; et ces rapports, pour ne pas être tou-

jours évidents à une intelligence civilisée et raffinée, n'en sont pas moins précieux à découvrir et à étudier. Le langage est en quelque sorte la sagesse instinctive des nations, et la sagesse réfléchie du philosophe trouve souvent profit à le prendre, sinon pour guide et pour *criterium*, comme disaient les éclectiques, du moins pour auxiliaire et pour conseil. — Cf. ce que dit M. Taine (*Revue philosophique*, janv. 1876), des généralisations des enfants, qui sont individuelles et passagères, mais ne sont pas pour cela déraisonnables.

Note D.

Une question préjudicielle a été soulevée sur ce problème. L'opinion la plus répandue est que la substance nerveuse a des propriétés qui varient selon les régions, ce qui n'empêcherait pas de les réduire à l'unité par une généralisation méthodique le jour où elles seraient toutes connues. C'est la doctrine de la spécificité des nerfs (J. Müller), qui devient, étendue aux centres, la théorie des localisations cérébrales ; en effet les localisations ne sont possibles que si les centres ont, comme les nerfs, des propriétés spécifiques. La difficulté des localisations a conduit plusieurs physiologistes philosophes contemporains (Lewes, Horwicz, Wundt), à combattre la doctrine de Müller, laquelle pourtant, à première vue, semble aussi difficile à ébranler que son extension aux centres est laborieuse à établir. Lewes, en particulier, soutient que les nerfs sensibles, les nerfs moteurs et la substance nerveuse des centres (du moins la substance blanche) ne possèdent qu'une propriété unique, qu'il appelle la *névrilité* ; les différences de fonctions résulteraient des connexions qui relient les différents organismes nerveux avec les organes non nerveux situés à leurs extrémités périphériques. — Voir l'ouvrage de Delbœuf, *La psychologie comme science naturelle*, 1876 ; un article de Lewes, dans la *Revue philosophique*, février 1876 ; et l'admirable critique faite par le même auteur des localisations prématurées de Ferrier (*Revue scientifique*, 20 janvier 1877.) — Un seul point paraît acquis, grâce aux expériences de Schiff, Du Bois-Raymond, Vulpian (*Académie des sciences*, 2 février 1874), et Paul Bert (*id.*, 22 jan-

vier 1877); c'est que les nerfs sont des conducteurs indifférents de la sensation ou de l'impulsion motrice. Mais l'expérience n'a porté et ne pouvait porter que sur les nerfs du système général sensitivo-moteur ; la théorie de Müller reste intacte pour les nerfs spéciaux de la vue, de l'ouïe, etc.

M. Brown-Sequard semble adopter une opinion intermédiaire par son hypothèse ingénieuse, mais à peu près indémontrable, de propriétés spécifiques dévolues non aux différents nerfs ou centres, mais aux différents éléments histologiques de la matière nerveuse.

Note E.

On rapporte que Gall disait : « Je demande des faits à mes amis, et je me charge ensuite de les localiser. » Il n'y a qu'un mot à reprendre à cette déclaration : Gall avait tort de s'adresser à ses amis ; au sujet des faits psychologiques, il eût été mieux renseigné par ses ennemis.

L'auteur d'un récent traité de psychologie physiologique (*Essai de psychologie ; la bête et l'homme*, par le docteur E. Fournié, 1877) ne s'est adressé ni à ses amis ni à ses ennemis, mais à lui seul. Il affirme dès la première page que la psychologie fournit à la physiologie cérébrale l'énoncé même de ses problèmes ; et il ajoute très-justement : « Dans la plupart des organes l'élément qui représente la matière de la fonction est un produit analysable par les procédés physico-chimiques ; la bile, la salive, etc. ; il en est autrement pour le cerveau [1] : la méthode psychologique seule permet d'analyser une idée, une volonté, et d'en fixer la nature intime. » Mais, comme il est physiologiste par éducation en même temps que psychologue par goût personnel, il croit devoir dire en même temps que la psychologie ne sera une science que lorsqu'elle aura « pris pied » dans le cerveau ; et comme il veut concilier ses goûts de spychologue avec ses préjugés de physiologiste, il est animiste. Enfin, au lieu de profiter des progrès récents de la psychologie, il affirme la prétention de refaire cette

[1] Nous avons légèrement modifié la phrase de M. Fournié pour la rendre parfaitement juste.

science à lui seul. Nous craignons que le psychologie de l'avenir n'ait jamais grand profit à tirer d'un ouvrage où l'*habitude* n'est même pas nommée, d'un ouvrage où se trouve une théorie de la mémoire, formulée en un langage purement psychologique, qui servirait au besoin à prouver que cette langue ne se prête pas moins facilement que le vocabulaire physiologique aux tautologies vides de sens; d'un ouvrage enfin dont les abords sont défendus par une théorie scolastique des *facultés, fonctions, éléments* et *activités* de l'âme, qui oppose à l'intelligence de la doctrine de l'auteur un obstacle à peu près insurmontable.

Note F.

L'argumentation de M. Taine, exposée pour la première fois dans son livre de *l'Intelligence*, a été reprise dernièrement par lui avec plus de force dans un article de la *Revue philosophique* (janvier 1877), intitulé : *Les vibrations cérébrales et la pensée.*

On trouvera la seconde argumentation, sous forme métaphysique, dans un mémoire d'Albert Lemoine *Sur la spiritualité de l'âme*, publié dans le recueil de l'Académie des sciences morales et politiques (1868) et non encore réimprimé. — La même idée est l'âme de la pénétrante critique de la psychologie de Spencer que l'on doit à M. Renouvier (*Critique philosophique*, 1877). Seulement M. Renouvier est, comme M. Taine, rigoureusement *phénoméniste;* il ne pense pas que la thèse de l'hétérogénéité des deux groupes de phénomènes entraîne l'affirmation de deux substances ou causes douées de propriétés distinctes, ce qu'admet sans discussion M. Lemoine, dont la doctrine se rattache ainsi à la théorie cartésienne des deux substances. M. Renouvier, dans un travail antérieur sur la physique de Descartes (*Critique philosophique*, 1874), a mis en lumière les rapports étroits du dualisme métaphysique de Descartes avec le dualisme phénoméniste qu'il soutient.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Sur une médaille frappée en l'honneur d'un philosophe de l'École de Padoue, par M. Victor Egger. . . . 1

Rapport fait au nom de la Commission de l'Exposition rétrospective, par M. V. Egger 18

Exposition des Beaux-Arts. Catalogue de l'Exposition rétrospective 42

Recherches bibliographiques sur les minerais de fer, suivies d'Une ancienne mine en Anjou, par M. Ch. Menière 108

La physiologie cérébrale et la psychologie, par M. V. Egger. 126

ANGERS, IMPRIMERIE LACHÈSE ET DOLBEAU.

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

ACADÉMIQUE

DE MAINE-ET-LOIRE

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

ACADÉMIQUE

DE

MAINE-ET-LOIRE

TOME XXXIV

SCIENCES

ANGERS
IMPRIMERIE P. LACHÈSE ET DOLBEAU
13, Chaussée Saint-Pierre.
—
1878

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LA

VITESSE DU FLUX THERMIQUE

DANS UNE BARRE DE FER

Par C. DECHARME.

Lorsqu'on chauffe une barre métallique par une de ses extrémités, tandis que le reste est dans un milieu (gazeux ou liquide) maintenu à une température constante, les différents points de cette barre s'échauffent de proche en proche jusqu'à ce que la quantité de chaleur qui arrive à une section soit égale à celle qui se transmet à la section suivante ou se perd dans le milieu environnant.

Chaque point finit donc par atteindre une température fixe et conserve cet état permanent, tant que la source de chaleur reste elle-même constante. Si l'on supprime cette source de chaleur, la température décroît successivement dans les différents points de la barre, jusqu'à ce qu'ils arrivent tous à la température du milieu ambiant.

Fourier[1] a traité analytiquement et d'une manière générale la question de la propagation de la chaleur

[1] Fourier : *Traité analytique de la chaleur* (1822) ; *Mémoires de l'Académie des sciences*, IV et V (1824-1836) ; *Annales de chimie et de physique*, 2e série, III, IV, VI.

dans les corps solides. Il a donné aussi des formules pour différentes circonstances spéciales.

Un grand nombre d'expérimentateurs [1] ont vérifié les lois qu'il a trouvées pour le cas particulier où la température des différents points d'une barre métallique est arrivée, pour chacun d'eux, à l'*état stationnaire*. Mais on n'a pas fait, que je sache, d'expériences relatives à l'*état variable* de cette barre.

Je me suis proposé d'étudier *expérimentalement* le phénomène précédent à l'*état dynamique* [2], c'est-à-dire de suivre la marche du flux thermique de minute en minute, et de le représenter d'une manière continue à l'aide de courbes construites au moyen des résultats numériques fournis par l'observation de thermomètres implantés dans une barre de fer, selon la méthode de Despretz.

J'examinerai dans une autre partie de ces recherches jusqu'à quel point les résultats numériques que j'obtiens concordent avec les formules théoriques de Fourier relatives à l'état variable; formules établies sur certaines hypothèses concernant le mode de propagation de la chaleur.

I. Vitesse du flux thermique pendant les phases d'échauffement et de refroidissement d'une barre métallique.

Dispositions expérimentales. — Dans ces expériences j'emploie une barre de fer bien homogène, de 1 mètre

[1] Biot, Péclet, Despretz, Langberg; MM. Wiedemann et Franz, Neumann, Angström, Gouillaud, etc. — *Annales de chimie et de physique* (2e et 3e séries).

[2] C'est l'application, à la chaleur, de l'idée que j'ai suivie dans des recherches précédentes sur la *capillarité* : *Mémoires de la Société Académique*, tome XXVIII (1873); XXX (1874); XXXII (1875).

de longueur, à section carrée, de 21^{mm} de côté, comme celle de Despretz. Des trous de 14^{mm} de profondeur et de 16^{mm} de diamètre ont été pratiqués dans cette barre et sont situés respectivement à 20, 40, 60 et 80 centimètres de chaque extrémité, c'est-à-dire symétriquement placés par rapport à chaque bout de la barre (afin que l'on puisse faire des expériences de contrôle). Du mercure remplit, dans ces trous, les vides qu'y laissent les réservoirs, d'ailleurs très-petits, des thermomètres. Ceux-ci, construits simultanément et avec le plus grand soin (par M. Baudin, constructeur à Paris), sont identiques et permettent d'apprécier facilement les dixièmes de degré. La barre métallique repose sur les arêtes de deux prismes en liége. Un brûleur à gaz sert de source de chaleur sensiblement constante ; la température de l'air ambiant de la vaste salle de physique où se font les expériences est prise à 20 centimètres (sous écran) et à 3 mètres de la barre. Le temps est mesuré à l'aide d'une montre ou d'un métronome battant la seconde.

Le tableau suivant contient les résultats d'une première expérience :

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Vitesse de propagation de la chaleur dans une barre de fer de 1m de longueur, section carrée de 31mm de côté, chauffée à une extrémité par un bec Bunsen. Les thermomètres sont à 20, 40, 60, 80 cent. de cette extrémité.

PHASE D'ÉCHAUFFEMENT.				
Temps en minutes.	1er thermomètre	2e thermomètre	3e thermomètre	4e thermomètre
min.				
0	7°35	7°36	7°30	7°30
1	7.4	7.36	7.30	7.30
2	7.6	7.36	7.30	7.30
3	8.5	7.36	7.30	7.30
4	10.4	7.36	7.30	7.30
5	13.0	7.4	7.30	7.30
6	16.0	7.5	7.30	7.30
7	19.3	7.63	7.30	7 30
8	23.0	7.8	7.30	7.30
9	26.5	8.1	7.30	7.30
10	30.2	8.4	7.35	7.30
12	37.2	9.25	7.43	7.30
14	43.7	10.4	7.56	7.30
15	46.7	11.05	7.64	7.30
16	49.6	11.75	7.7	7.31
18	55.05	13.3	7.9	7.33
20	59.8	14.9	8.15	7.36
25	69.5	19.0	9.0	7.53
30	77.1	22.95	10.0	7.8
40	87.27	29.2	12.5	8.43
50	93.3	33.75	15.0	9.22
60	96.5	36.95	17.0	10.26
70	98.0	38.85	18.45	11.03
80	98.7	40.2	19 52	12.03
90	98.76	41.2	20.5	12 75
100	98.78	42.0	21.3	13.4
110	»	42.4	21.8	13.7
125	98.79	»	22.5	14.2
150	98 8	42.5	22.8	14.6
200	98.8	42.7	22.9	15
240	98.8	42.7	23.0	15.19
250	98.8	42.7	23.0	15.2
ÉTAT STATIONNAIRE.				
3:0	98.8	42.7	23.0	15.2

PHASE DE REFROIDISSEMENT.				
Temps en minutes.	1er thermomètre	2e thermomètre	3e thermomètre	4e thermomètre.
min.				
1	98°8	42°7	23°0	15°2
2	98.8	42.7	23.0	15.2
3	98.8	42.7	23.0	15.2
4	98.3	42.7	23.0	15.2
5	97.4	42.7	23.0	15.2
10	87.6	42.3	23.0	15.2
15	75.0	41.2	22.9	15.2
20	64.0	39.2	22.7	15 2
25	54.5	36.5	22.2	15.15
30	46.8	33.7	21.7	15.07
40	36.2	28.3	20.0	15.0
50	28.1	23.8	18.5	14.27
60	23.0	20.0	16.7	13.75
70	19.42	17.8	15.5	13.08
80	16.8	15.8	13.9	12.4
90	14.8	14.2	12.9	11.77
100	13.3	12.9	12.0	11.22
110	12.1	11.9	11.35	10.69
120	11.2	11.2	10.76	10.23
130	10.6	10.5	10.28	9.88
140	10.1	10.0	9.89	9.6
150	9.7	9.6	9.58	9.41
160	9.4	9.4	9.39	9.28
170	9.27	9.26	9.24	9.22
180	9.2	9.22	9.19	9.19
190	9.19	9.19	9.18	9.18
200	9.18	9.18	9.18	9.18

TEMPÉRATURE DE L'AIR :

	Loin de la barre.	Près du milieu de la barre.
Au commencement de l'expérience.....	7°4	
Pendant l'état stationnaire	9.3	13°0
A la fin de l'expérience	9·13	

Les données numériques contenues dans le tableau précédent sont représentées graphiquement par des courbes (pl. I, fig. 1) qui permettent, en rétablissant la continuité, de saisir d'un coup d'œil la marche du phénomène thermique.

La température variable de chaque thermomètre est représentée par une courbe spéciale formée de trois parties, correspondant aux trois phases du phénomène : échauffement, état stationnaire et refroidissement[1]. La dernière partie de la courbe relative au premier thermomètre a été *rabattue* sur la première partie ; elles sont loin de coïncider. L'arc qui représente la période de refroidissement a une courbure moins prononcée que celle d'échauffement ; c'est-à-dire que la *vitesse de refroidissement est plus lente que celle d'échauffement.*

[1] Pour que les chiffres relatifs à *l'état stationnaire* concordent avec la loi de Fourier (dont il sera question dans une autre partie de mes recherches), à savoir : que *la somme de deux excès de température* (sur celle du milieu ambiant) *divisée par l'excès intermédiaire est un nombre constant*, il faut prendre ici la température non loin de la barre ; elle est alors de 13°,0 ; et l'on a avec une approximation suffisante :

$$\frac{y_1+y_3}{y_2}=\frac{y_2+y_1}{y_3}=3{,}20 \qquad \text{(erreur relative de } \tfrac{1}{160}\text{)}$$

Je reviendrai plus loin sur ces résultats et sur d'autres analogues pour montrer leur corrélation. Mais quelle que soit la température ambiante observée à différentes distances de la barre, les courbes ci-jointes sont la représentation exacte des valeurs numériques absolues, fournies par l'expérience, pendant toute la phase variable du phénomène ; l'exactitude et la forme de ces lignes n'en sont nullement affectées ; ce que je tenais à faire remarquer ici.

J'ajouterai enfin que mon but, en figurant par une courbe continue la température d'un point déterminé de la barre, est de remplacer par quelque chose de visible, de saisissable d'un seul coup d'œil, une formule abstraite, exacte certainement, mais établie dans des conditions pour ainsi dire idéales et physiquement irréalisables en toute rigueur.

Courbe de refroidissement rabattue.

TEMPS.	1er THERMOMÈTRE	TEMPS.	1er THERMOMÈTRE	TEMPS.	1er THERMOMÈTRE
minutes.					
1	7.4	16	36.3	130	96
2	7.7	17	38.5	140	96.6
3	8.2	18	40.6	150	97.0
4	9.3	19	42.8	160	97.45
5	10.7	20	45.0	170	97.9
6	12.4	30	61.5	180	98.2
7	13.3	40	72.0	190	98.4
8	16.5	50	78.7	200	98.9
9	18.9	60	83.3	210	98.9
10	21.4	70	86.8		
11	24.0	80	89 4		
12	26.6	90	91.3		
13	29.1	100	93.0		
14	31.6	110	94 3		
15	34.0	120	95.2		

Il en est de même des deux autres thermomètres.

Le tableau suivant fait ressortir la différence des vitesses du flux thermique dans les périodes d'échauffement et de refroidissement pour les quatre thermomètres.

Comparaison des vitesses d'échauffement et de refroidissement en temps égaux.

TEMPS en minutes.	Premier THERMOMÈTRE.		Deuxième THERMOMÈTRE.		Troisième THERMOMÈTRE.		Quatrième THERMOMÈTRE.	
	Échauffement.	Refroidissement	Échauffement.	Refroidissement	Échauffement.	Refroidissement	Échauffement.	Refroidissement
min.								
10	20°	13°8	1°	0°6				
20	53	39	7°5	3	1	0.5		
30	70	53	15	8.5				0.8
40	79	69	21.5	14	5	3	1	1
50	85	72.5	26	18	7	4	2	1.5
60	88.5	75	29	22	9	6	3	3
80	90	85	33	26.5	12	9	4	4
100	90		34	32	13.6	11	6	5
120					14.5	12	6.5	5.2
140					15	13	7	
150			34	33				6.2
200	90	90			15	14	7	
240								

Représentation graphique de la vitesse proprément dite du flux thermique. — On peut déterminer autrement, et d'une manière plus théorique, les *vitesses* du flux thermique pour les quatre points de la barre où sont implantés les thermomètres, et les représenter par des courbes continues.

En effet, la vitesse de propagation de la chaleur, au bout d'un temps t peut être définie, comme toute vitesse variée : le rapport entre la différentielle de l'espace parcouru par le flux thermique dans le temps infiniment court qui suit t, et la différentielle de ce temps, d'après la formule générale :

$$v = \frac{dy}{dt}$$

On peut obtenir géométriquement cette vitesse au bout d'un temps quelconque, en construisant la tangente

à la courbe des espaces, au point correspondant [redacted] temps ; il suffit pour cela de prendre le rapport [redacted] valeurs numériques (déterminées avec la même un[redacted] des deux côtés du triangle rectangle dont cette tange[redacted] est l'hypoténuse. Cette tangente elle-même pouvant [redacted] menée avec assez d'exactitude sur une courbe d'[redacted] mètre de développement, le rapport en question, ou [redacted] vitesse cherchée, sera exprimée avec une approximati[redacted] suffisante.

Enfin, si l'on détermine par une vingtaine de poin[redacted] convenablement distants, les vitesses correspondantes, on pourra construire la *courbe* complète *des vitesses* : [redacted] rectifier par le tracé continu les petites erreurs inévitables que l'on commet par ce procédé.

C'est ce qui a été fait pour les trois premiers thermomètres dans nos expériences (pl. II, fig. 2), les vitesses relatives au quatrième étant très-faibles et peu susceptibles d'être appréciées avec exactitude.

Pour faire ressortir d'une manière plus évidente la différence des vitesses d'échauffement et de refroidissement (ces vitesses étant définies et construites comme il vient d'être dit), les deux courbes correspondantes à ces vitesses, pour le premier thermomètre, ont été disposées de manière à avoir la même origine, la seconde étant rabattue sur la première (pl. II, fig. 2).

Les tableaux suivants donnent les résultats numériques dont ces courbes sont la traduction graphique.

VITESSES D'ÉCHAUFFEMENT.				VITESSES DE REFROIDISSEMENT.	
TEMPS.	1er THERMOMÈTRE.	2me THERMOMÈTRE.	3me THERMOMÈTRE.	TEMPS.	1er THERMOMÈTRE.
m.					
1	1.02	0.03		1	1.0
2	2.9	0.1		2	2.1
3	6.19	0.2		3	4.2
4	10.6	0.32		4	6.4
5	14.4	0.43	0.15	5	8.5
6	16.2	0.6		6	10.2
7	17.1	0.8		7	11.6
8	17.65	1.2		8	12.4
9	**17.85**	1.5		9	12.9
10	17.8	1.8	0.25	10	13.2
11	17.65	2.2		11	**13.3**
12	17.3	2.56		12	13.2
13	16.6	2.82		13	13.0
14	15.8	3.19		14	12.8
15	14.9	3.38	0.38	15	12.5
16	14.1	3.57		16	12.1
17	13.2	3.7		17	11.7
18	12.4	3.85		18	11.3
20	11.1	4.02	0.70	20	10.45
22	9.9	4.19		25	8.4
23	9.4	**4.2**		30	6.75
24	8.92	4.18		35	5.5
25	8.5	4.09	0.95	40	4.4
30	6.55	3.62	1.05	45	3.6
35	4.9	3.15	1.25	50	3.1
40	3.73	2.65	**1.35**	55	2.6
45	2.96	2.4	1.27	60	2.4
50	2.35	2.2	1.2	65	2.15
55	2.0	2.02	1.18	70	1.95
60	1.6	1.85	0.9		
65	1.2	1.7	0.84		
70	0.75	1.6	0.8		

2e *Expérience.* — Une autre expérience a été faite avec la même barre munie de trous situés à 10, 20, 30 et 40 centimètres de l'extrémité chauffée.

Le tableau suivant en contient les résultats qui ont été traduits en courbes (pl. II, fig. 3). La première de ces lignes correspondant au thermomètre placé à 10 cent. de la source de chaleur, diffère beaucoup de celle qui se

rapporte à la première expérience (le premier thermomètre étant situé à 20 cent. de la source) ; si son développement ne semble pas comparativement aussi rapide, cela tient à ce que l'échelle des temps est dans la deuxième expérience deux fois plus grande que dans la première. D'ailleurs il fallait prendre ici une source de chaleur assez faible pour que le premier thermomètre ne dépassât pas 104° (limite des indications de l'instrument) à l'état stationnaire.

2e EXPÉRIENCE.

Vitesse de propagation de la chaleur dans une barre de fer.

Les thermomètres sont placés à 10, 20, 30 et 40cent de l'extrémité chauffée (Température de l'air : 11°7 à 12°8).

PHASE D'ÉCHAUFFEMENT.					PHASE DE REFROIDISSEMENT.				
Temps en minutes.	1er thermomètre.	2e thermomètre.	3e thermomètre	4e thermomètre	Temps en minutes.	1er thermomètre.	2e thermomètre	3e thermomètre	4e thermomètre
min.									
0	12°0	12°0	12°0	12°0	1/2	100°75	64.6	44°2	38°4
1/2	**12.1**	»	»	»	3/4	100.6		»	»
3/4	12.2	»	»	»	1	100.5		»	»
1	12.6	**12.1**	»	»	2	98.0	64.55	»	»
2	15.8	12.2	»	»	3	95.0	64.3	44.18	»
3	20.5	12.8	**12.1**	»	4	91.0	64.0	44.15	»
4	25.3	13.6	12.2	»	5	87.2	63.0	44.1	32.39
6	34.7	16.4	12.8	»	6	83.5	62.0	44.0	32.34
8	43.7	20.1	13.8	»	7	80.0	61.0	43.9	32.30
9	47.7	22.0	14.4	»	8	76.3	59.7	43.6	32.28
10	51.3	23.8	15.1	**12.1**	9	73.3	58.4	43.2	32.24
11	54.6	25.7	15.7	12.2	10	70.4	57.0	42.9	32.2
12	57.5	27.3	16.4	12.3	11	67.4	55.6	42.2	32.15
15	65.0	32.3	18.9	13.1	12	64.8	54.2	41.8	32.0
20	74.0	39.5	23.2	15.4	13	62.4	52.8	41.25	31.9
25	80.3	44.8	27.0	17.6	14	60.2	51.4	40.7	31.7
30	85.1	44.8	30.1	19.6	15	58.1	50.0	40.0	31.5
35	88.9	52.2	32.7	21.7	20	49.8	43.6	36.8	30.0
40	92.0	55.1	34.8	23.3	25	43.5	38.6	33.6	28.3
45	94.4	57.3	36.6	24.7	30	38.5	34.5	30.6	26.9
50	96.3	59.1	38.1	25.9	40	31.5	28.5	25.9	23.7
60	98.7	61.4	40.3	27.9	50	26.5	24.2	22.3	21.0
70	99.9	63.0	41.8	29.5	60	23.0	21.0	19.5	18.4
80	100.6	64.0	43.0	30.7	70	20.0	18.4	17.4	16.5
90	100.75	64.4	43.7	31.6	80	17.6	16.6	15.7	15.0
100	»	64.6	44.05	32.15	90	16.0	15.3	14.5	14.0
105	»	»	44.2	32.3	100	14.5	14.1	13.5	13.4
110	»	»	44.2	32.35	110	13.5	13.4	13.4	13.2
115	»	»	»	32.39	120	13.0	13.0	13.0	13.0
120	»	»	»	32.4	»	»	»	»	»
ÉTAT STATIONNAIRE.									
200	100.75	64.6	44.2	32.4					

Après avoir fait un certain nombre d'observations, j'ai remarqué que, dans les conditions expérimentales réalisées, quand le thermomètre placé à 20 cent. de l'extrémité chauffée de la barre métallique, ne dépassait pas la température ambiante de plus de 6° au bout de cinq minutes, de 20° au bout de dix minutes, la température finale ne s'élevait pas au delà de 100°, état d'équilibre qui n'avait lieu quelquefois qu'au bout de trois ou quatre heures. En sorte qu'en représentant par t_5, t_{10}, t_{20}, t_{30}, les températures indiquées par le thermomètre au bout de 5, 10, 20, 30 minutes et par T la température finale de l'état stationnaire, j'avais, en moyenne :

$T = 5{,}9\, t_5$; $T = 3{,}2\, t_{10}$; $T = 1{,}7\, t_{20}$; $T = 1{,}4\, t_{30}$

La température de l'air ambiant étant comprise entre 10 et 15 degrés.

Loi des vitesses du flux thermique.

Les résultats des expériences précédentes (pages 4 et 11) montrent que les temps écoulés entre le moment où la source de chaleur a été mise en action et ceux où le flux calorifique a atteint successivement chacun des thermomètres, sont loin d'être entre eux comme les distances à l'extrémité chauffée de la barre, c'est-à-dire comme les nombres 1, 2, 3 et 4. Nous pouvons déjà en conclure que la vitesse de propagation de la chaleur dans notre barre de fer n'est pas uniforme.

Pour déterminer et vérifier la loi qui lie ainsi les espaces aux temps, j'ai fait varier les conditions expérimentales. Ainsi le mercure qui pouvait, par suite d'un phénomène capillaire, ne pas toucher exactement tous les points des réservoirs thermométriques, a été rem-

placé par du fer porphyrisé et tassé dans les trous où plongeaient les instruments. Des sources de chaleur de diverses intensités ont été successivement employées. Pour rendre les observations des thermomètres plus précises, des points de repère très-fins étaient marqués sur l'échelle même de chaque instrument, vis-à-vis du niveau du mercure invariable au moment de l'expérience ; enfin, l'œil et la loupe étaient fixes au moment de l'arrivée du flux thermique.

D'un autre côté, avec les températures relevées sur chaque thermomètre, pour les cinq ou dix minutes qui suivaient le premier effet de dilatation appréciable de la colonne mercurielle des quatre instruments en expérience, j'ai construit les courbes correspondantes ; ce qui a donné, avec une assez grande approximation, les points d'arrivée du flux calorifique.

Or, dans tous ces cas, j'ai trouvé des nombres dont les rapports sont compris entre les chiffres suivants :

	1er thermom.	2e thermom.	3e thermom.	4e thermom.
	1	3,3 à 4	8 à 10	15 à 18
En moyenne	1	3,7	9,05	16,1
Nombre assez près de	1	4	9	16

pour que les différences soient imputables aux erreurs d'observation.

Nous pouvons donc conclure de là cette loi :

Les temps que met le flux thermique à atteindre les *différents points d'une barre de fer* (et probablement d'une barre de métal quelconque, ce que je me propose d'ailleurs de vérifier pour le zinc et pour le cuivre) *sont directement proportionnels aux carrés des distances* de ces points à l'extrémité chauffée, ou, en d'autres termes :

les vitesses du flux thermique sont en raison inverse du carré des distances[1].

Courbes thermiques synchrones. — Avec les données numériques des tableaux précédents (pages 4 et 11), on peut construire les courbes qui marquent au même instant physique, soit les températures des quatre thermomètres en expérience, soit leurs excès de température sur celle de l'air ambiant.

Il suffit pour cela de prendre sur une horizontale $x\,y$ des longueurs proportionnelles aux distances des thermomètres à l'extrémité chauffée de la barre en expérience (ici l'échelle est au 1/4), d'élever en ces points des perpendiculaires sur lesquelles on portera les températures observées au bout de 10, 20, 30, 40,... 100 minutes, et de joindre par une même courbe continue les quatre points correspondants au même temps. On aura ainsi un canevas de courbes synchrones qui représenteront de 10 minutes en 10 minutes en quelque sorte la position de l'*onde thermique* se propageant dans la barre de fer.

Cette construction a été faite pour la première série d'expériences (page 4, pl. II, fig. 1).

Les courbes de refroidissement relatives à la même

[1] Quel que soit le retard, d'ailleurs très-faible, apporté dans l'effet calorifique sur les thermomètres, par défaut de sensibilité des instruments, ou par toute autre cause, les chiffres d'expérience sont trop éloignés de ceux qui correspondraient à la loi de proportionnalité directe, pour qu'on puisse admettre ici l'uniformité de vitesse du flux thermique, tandis que les résultats nombreux, obtenus dans diverses conditions (chiffres dont les variantes tombent en définitive dans les limites d'erreur expérimentales) concordent (malgré la variété des circonstances) d'une manière satisfaisante avec la loi du carré des distances, qui vient d'être énoncée et que nous croyons ainsi établie.

expérience étant presqu'identiques aux précédentes, nous ne les décrivons pas ici.

Au moyen de ce même ensemble de courbes, on peut résoudre, par une construction graphique, la question suivante :

Trouver la température d'un point quelconque de la barre métallique, au bout d'un temps donné de l'une des périodes d'échauffement ou de refroidissement et même dans l'état stationnaire.

Par exemple, veut-on savoir quelle était, dans la première expérience, au bout de 43 minutes 1/2, la température de la barre à 28^c,6 de l'extrémité chauffée? On élève à la distance 28^c,6 une perpendiculaire à la ligne primitive horizontale xy (pl. II, fig. 1). Cette perpendiculaire rencontre toutes les courbes synchrones. On construit alors, à part ou sur la figure même, une nouvelle courbe cc', en prenant pour abscisses les temps en minutes (représentées ici en millimètres à partir de l'origine o) et pour ordonnées successives les distances verticales à partir de xy (ou de la ligne de température ambiante, selon qu'on veut les températures réelles ou leurs excès sur celle de l'air), jusqu'à la rencontre de chacune de ces courbes. Joignant alors par un trait les sommets de ces perpendiculaires on rétablit la continuité des temps et des températures relativement au point choisi, c'est-à-dire à 28^c,6 de l'extrémité de la barre. On trouve ainsi comme réponse à la question particulière qui nous occupe 55°,3 pour la température qui a eu lieu en ce point, au bout de 43 minutes 1/2 de chauffe, ou 46°,3 au-dessus de la température de l'air ambiant.

On pourrait faire, sur une plus grande échelle, le

canevas complet des courbes relatives aux distances de 5 en 5 centimètres, ce qui permettrait d'apprécier, avec une assez grande approximation, à première vue, sans calcul ni construction, la température cherchée.

Après le problème précédent se pose naturellement celui-ci, moins général, mais d'un intérêt plus évident :

Avec les indications des thermomètres implantés dans la barre métallique trouver la température de l'extrémité chauffée.

On entrevoit facilement par ce qui précède, qu'un *procédé par extrapolation* permettrait déjà de déterminer, avec une certaine approximation, graphiquement ou par le calcul, d'après la formule de Fourier, la température cherchée ; mais je réserve la solution de ce problème pour une autre partie de mes recherches où il sera question des applications de la conductibilité à la pyrométrie. D'ailleurs, il me reste encore diverses expériences à exécuter pour compléter les résultats déjà obtenus dans cette voie.

En résumé : Cette première partie de nos recherches expérimentales fait connaître, à tout instant, la marche de la chaleur dans une barre de fer, pendant les périodes d'échauffement et de refroidissement, pour les points où les thermomètres sont implantés dans cette barre. Il en résulte cette conséquence que la *vitesse de refroidissement est plus lente que celle d'échauffement;*

Elle donne le moyen de trouver la *vitesse du flux thermique* en un point quelconque de la barre et à une époque quelconque du phénomène soumis à l'expérience ;

Elle contient la loi suivante : Les temps que met le flux thermique à atteindre les différents points d'une

barre de fer (et probablement d'une barre métallique quelconque) sont directement proportionnels aux carrés des distances de ces points à l'extrémité chauffée ; en d'autres termes : *les vitesses du flux thermique sont en raison inverse du carré des distances ;*

Enfin, elle permet de déterminer, par une construction graphique, la température à un moment quelconque, d'un point donné de la barre, situé entre le premier et le quatrième thermomètre et même, avec une certaine approximation, la température de l'extrémité chauffée, température qui n'est pas celle de la source de chaleur elle-même.

II. MARCHE DU FLUX THERMIQUE DANS UNE BARRE SANS ÉTAT STATIONNAIRE.

Dans les expériences précédentes, on attendait, avant de retirer la source de chaleur, que tous les thermomètres implantés dans la barre métallique fussent arrivés à l'état stationnaire. Alors, dès que cette source cessait d'agir, la température commençait bientôt à baisser dans le premier thermomètre, peu après dans le second et plus tard dans les suivants.

Mais si l'on retire le brûleur avant que le phénomène soit arrivé à cette période d'équilibre mobile de température, on obtient des résultats numériques qui conduisent à des courbes toutes différentes de celles des cas précédents ; cela se conçoit, puisqu'une partie des périodes d'échauffement et de refroidissement, ainsi que toute la période stationnaire, ont été supprimées.

On observe, en effet, dans le cas actuel, des *maxima* de température qui se manifestent sur les quatre thermomètres plus ou moins longtemps après le retrait du

bec de gaz. Le flux thermique semble avoir acquis une certaine vitesse qu'il ne perd que peu à peu. Les résultats de ces expériences sont contenus dans le tableau qui suit :

Marche du flux thermique sans état stationnaire, dans une barre de fer de 1 mètre de longueur.

Les thermomètres sont à 20, 40, 60, 80c de l'extrémité chauffée.
La température de l'air est de 7°5 à 8°.

Temps en minutes.	1er thermomètre	2e thermomètre	3e thermomètre	4e thermomètre	Temps en minutes.	1er thermomètre	2e thermomètre	3e thermomètre	4e thermomètre
min.									
0	7°5	7°5	7°4	7°05	39	75°7	28.2	12°3	8°4
1 1/2	7.6				40	74.2	28.6	12.5	8.5
2	8.5				42	69.8	29.2	12.8	8.65
3	10.1				45	64.3	29.7	13.7	8.8
4	12.5				46	62.4	29.8	13.8	8.9
5	15.3	7.6			47	60.3	29.85 maxim.	14.0	9.1
6	18.2	7.7			48	58.3	29.8	14.2	9.2
7	21.6	7.8			49	56.6	29.7	14.4	9.3
8	25.0	8.0			50	55	29.5	14.5	9.4
9	28.7	8.4			55	47.0	28.3	15.2	9.8
10	32.0	8.9			60	40.7	26.7	15.4	10.2
11	35.2	9.4			63	37.2	25.7	15.5 maxim.	
12	38.7	9.8			65	35.5	24.8	15.45	10.45
13	41.7	10.4			70	31.1	23	15.3	10.7
14	44.6	10.9			75	27.5	21.3	15.0	10.9
15	47.2	11.5	7.45		80	24.5	19.8	14.6	11.1
16	50.0	12.2	7.5		85	22.2	18.5	14.2	11.2
17	52.2	12.9	7.6		88				11.3 maxim.
18	54.6	13.6	7.7		90	20.05	17	13.6	11 2
19	57.3	14.3	7.8		95	18.2	15.8	13.1	11.1
20	59.5	15.1	8.0		100	16.5	14.5	12.4	10.9
24				7.1					
25	69.2	18.8	8.8	7.15	105	15.0	13.4	11.85	10.6
30	75.8	22.8	9.9	7.3	110	13.8	12.5	11.3	10.3
					115	12.7	11.7	10.8	10.0
SUPPRESSION DE LA SOURCE DE CHALEUR.					120	11.75	11.0	10.4	9.6
31	76.8	23.5	10.2	7.4	125	11.0	10.45	9.85	9.2
32	77.7	24.2	10.4	7.5	130	10.5	9.9	9.6	8.9
33	78.6	25.0	10.7	7.6					
34	79.5	25.7	19.9	7.7					
35	80.0 maxim.	26.2	11.2	7.9					
36	79.5	26.7	11.5	8.1					
37	78.5	27.2	11.8	8.2					
38	77.5	27.8	12.1	8.3					

Ce qui frappe dans le tableau précédent (et ce qui est bien plus saisissable sur les courbes (pl. I, fig. 2) qui traduisent les résultats numériques), c'est que le flux calorifique continue à se propager dans la barre après le retrait de la source de chaleur, de telle sorte que les thermomètres placés à diverses distances de cette source atteignent leurs maxima après un temps d'autant plus long, que ces instruments sont eux-mêmes plus éloignés de l'extrémité chauffée. Ainsi c'est au bout de

5 minutes pour le 1er therm. placé à 20c de la source.
17 — 2e — 40c —
33 — 3e — 60c —
58 — 4e — 80c —

D'autre part, on voit dans ce tableau que l'effet de la chaleur commence à se faire sentir au bout de

1 minute 1/2 sur le 1er thermomètre.
5 — 2e —
13 — 3e —
24 — 4e —

Nombres qui sont entre eux sensiblement dans les rapports :

1, 4, 9, 16

comme on l'a déjà vu précédemment.

Si l'on fait varier la source de chaleur, c'est-à-dire sa température ou sa distance à l'extrémité chauffée, on obtient d'autres nombres, d'autres rapports pour les maxima, mais on constate toujours que plus la température de la barre est élevée, plus les maxima sont distants du moment où l'on a supprimé la source, et d'autant plus que les thermomètres sont eux-mêmes plus loin de l'extrémité chauffée. Mais la loi qui établit une relation entre ces éléments paraît complexe.

III. MARCHE DU FLUX THERMIQUE QUAND LA SOURCE DE CHALEUR AGIT PENDANT DES TEMPS DIFFÉRENTS.

Dans les expériences suivantes, on a fait agir la source de chaleur *successivement, dans des conditions identiques,* pendant 5, 10, 15, 20 minutes, c'est-à-dire pendant des temps qui sont entre eux comme les nombres 1, 2, 3, 4, et l'on a suivi, dans ces quatre circonstances, la marche du premier thermomètre seulement.

Voici les résultats obtenus avec notre barre ordinaire, la source de chaleur étant toujours un bec de Bunsen. La température de l'air ambiant n'a varié que de 10°,7 à 10°,9.

1re EXPÉRIENCE.

Propagation du flux thermique dans une barre de fer chauffée à l'une de ses extrémités pendant 5min, 10min, 15min, 20min.

Le thermomètre observé est placé 20cent. de la source de chaleur.

Temps en minutes.	SOURCE DE CHALEUR RETIRÉE AU BOUT DE : 5 minutes.	10 minutes.	15 minutes.	20 minutes.	Temps en minutes.	SOURCE DE CHALEUR RETIRÉE AU BOUT DE : 5 minutes.	10 minutes.	15 minutes.	20 minutes.
min.					mm.				
0	8°6	8°6	8°6	8°6	24	33°3	54°6	77°2	89°2
1	8.7	8.7	8.7	8.7	25	32.5	53.2	75.6	89.5 maxim.
2	9.3	9.3	9.3	9.3	26	31.8	51.9	73.7	89.0
3	11.0	11.0	11.0	11.0	27	31.2	50.6	71.7	87.8
4	14.4	14.4	14.4	14.4	28	30.5	49.2	69.8	86.0
5	**18.4**	18.4	18.4	18.4	29	29.7	48.0	67.8	83.7
6	23.0	23.0	23.0	23.0	30	29.1	46.7	65 9	81.4
7	27.9	28.0	28.0	28.0	32	27.8	44.2	62.1	76.6
8	31.5	32.8	32.8	32.8	34	26.7	41.8	58.5	72.2
9	34.4	37.9	37.9	37.9	36	25.7	39.6	55.1	68.1
10	36 6	**42.8**	42.8	42.8	38	24.7	37.5	52.1	64.1
11	38.2	47.9	47.9	47.9	40	23.8	35.7	49.2	60,0
12	39.1	52.4	52.6	52.6	45	21.7	31.6	42.8	51.2
13	39.5 maxim.	56.4	57.4	57.4	50	19.9	28.0	37.0	44.2
14	39.45	58.9	62.0	62.0	55	18.4	24.9	32.0	38.7
15	39.2	60.5	**66.3**	66.3	60	17.2	22.3	27.8	33.9
16	38.8	61.4	70.0	70,0	65	16·4	20.2	24.4	30.0
17	38.3	61.7 maxim.	73.6	73.7	70	15.7	18.5	21.8	26.7
18	37.7	61.5	76.2	77.0	75	15.2	17.2	19.8	24.0
19	37.0	61.0	78.0	79.7	80	14.6	16.2	18.2	21.7
20	36.3	60.0	79.1	**82.4**	85	14.0	15.4	17.1	19.8
21	35.4	58.8	79.5 maxim.	84.3	90	13.6	14.8	16.2	18.4
22	34.8	57.4	79.0	86.4	95	13.2	14.2	15.5	17.2
23	34.1	56,0	78.3	88.0	100	12.8	13.8	15.0	16.4

Nous avons déjà vu que la chaleur continue à se propager dans la barre en expérience, après le retrait de la source calorifique ; nous pouvons constater, sur le tableau précédent et mieux encore sur les courbes figuratives de ces résultats (pl. II, fig. 4) que les *maxima*

indiqués par le thermomètre placé à 20 cent. de l'extrémité chauffée, sont atteints au bout d'un temps d'autant plus long que la source de chaleur a agi moins longtemps. Ainsi, quand cette source n'est maintenue que pendant 5 minutes, le maximum de température n'est atteint par le thermomètre qu'au bout de 13 minutes, c'est-à-dire 8 minutes après que la chaleur a cessé d'être appliquée. Si la source est maintenue durant 10 minutes le maximum (d'ailleurs plus élevé que le précédent) se fait sentir au bout de la 17e minute, c'est-à-dire 7 minutes après le retrait de la source. Si l'on chauffe l'extrémité de la barre pendant 15 ou 20 minutes, les *maxima* correspondants sont atteints respectivement à la 21e et à la 25e minute, c'est-à-dire que l'intensité du flux thermique s'accroît pendant 6 minutes dans le premier cas et 5 minutes seulement dans le second. En d'autres termes, les temps de chauffe étant entre eux comme les nombres :

1, 2, 3 et 4,

les temps employés par le flux thermique pour atteindre les *maxima* correspondants sont entre eux comme :

8, 7, 6, 5,

loi assez simple d'ailleurs, car la somme de deux termes correspondants de chacune de ces progressions arithmétiques est constante : $1+8=9$; $2+7=9$; $3+6=9$; $4+5=9$.

Pour vérifier cette loi, d'autres expériences ont été faites, en plaçant le thermomètre à 10 cent. de la source de chaleur qui agit successivement pendant 2, 4 et 6 minutes.

Les résultats d'une de ces expériences sont contenus

ns le tableau suivant (voir les courbes qui les repré-ntent, pl. III, fig. 5).

2e EXPÉRIENCE.

ropagation du flux thermique dans une barre lorsqu'on fait agir successivement la source de chaleur pendant 2min, 4min, 6min ; le thermomètre étant placé à 10cent. de la source de chaleur.

La température de l'air = 11°2 à 11°6.

mps en mi-nutes.	SOURCE DE CHALEUR RETIRÉE APRÈS : 2 minutes.	4 minutes.	6 minutes.	Temps en mi-nutes.	SOURCE DE CHALEUR RETIRÉE APRÈS : 2 minutes.	4 minutes.	6 minutes.
min.				mm.			
0	11°0	11°0	11°0	12	29°1	53°6	78°0
1/2	11.2	11.2	11.2	14	27.5	49.4	71.5
1	13.5	13.5	13.5	16	26.0	45.8	65.2
2	24.2	24.2	24.2	18	24.6	42.3	59.5
3	32.8	38 1	38.1	20	23.5	39.0	54.1
4	36.6	52.9	52.9	25	20.8	33.1	44.7
4 1/2	37.4 maximum.			30	18.7	29.0	37.5
5	37.3	62.3	66.6	35	17.2	25.8	32.8
6	36.6	65.5	79.1	40	15.9	23.1	29.0
6 1/2		66.1 maximum.		45	14.9	21.0	26.0
7	35.4	65.5	89.0	50	14.1	19.0	23.8
8	34.0	63.5	92.5 maximum.				
9	32.6	61.1	92				
10	31.4	58.5	87				

En rapprochant, comme précédemment, les temps de hauffe et les temps écoulés depuis le retrait de la source le chaleur jusqu'au moment du maximum observé sur e thermomètre dans chacun de ces cas, on trouve :

Temps de chauffe	2 min.	4 min.	6 m.
ou	1	2	3
Temps pour atteindre le maxim.	2 1/2	2 1/3	2
ou	15	14	12

On a donc pour la somme des termes correspondants :

$$15 + 1 = 16$$
$$14 + 2 = 16$$
$$12 + 3 = 15$$

c'est-à-dire une quantité sensiblement constante.

La loi précédemment énoncée peut donc être regardée comme vraie.

On peut la traduire analytiquement comme il suit :

θ, 2θ, 3θ, 4θ représentant les temps de chauffe,

t, t', t'', t''' désignant les intervalles entre le retrait de la source et les maxima.

$$\theta + t = 2\theta + t' = 3\theta + t'' = 4\theta + t''' = \ldots\ldots = C.$$

Cette loi se comprend d'ailleurs facilement, puisque plus sera grand l'excès de la température de la barre sur celle de l'air ambiant, plus la vitesse de refroidissement sera rapide et le maximum plus tôt atteint.

IV. ONDES THERMIQUES PRODUITES PAR UNE SOURCE DE CHALEUR INTERMITTENTE.

Si, au lieu de faire agir la source de chaleur d'une manière continue, on la supprime pendant un certain temps, pour la replacer ensuite dans les mêmes conditions et la supprimer de nouveau, plusieurs fois de suite, on obtient des indications thermométriques décelant ces alternatives par des ondulations dans les courbes qui traduisent graphiquement les résultats numériques.

Les expériences faites dans cette direction ont été variées de la manière suivante :

1re *Expérience. — Période de* 5 *minutes.*

On a fait agir la source de chaleur à l'extrémité de la

: métallique durant 5 minutes ; puis on l'a supprimée
ant les 5 minutes suivantes. On l'a rétablie durant
ême temps et retirée en temps égal, et ainsi de
, en produisant seize alternatives.
: tableau ci-dessous donne les résultats de ces expé-
ces alternées, dans lesquelles on a observé seulement
eux premiers thermomètres placés respectivement
et à 40 cent. de l'extrémité chauffée. La source de
eur était, comme précédemment, un bec de Bunsen.
es courbes sinueuses figuratives de ce mouvement
représentées (pl. II, fig. 6). Les intervalles blancs
espondent aux temps pendant lesquels la source de
eur était en activité, et les parties ombrées aux
ps durant lesquels la source était supprimée.

1re EXPÉRIENCE.

Ondes thermiques produites par une source de chaleur intermittente.

Périodes de 5 minutes. — Les thermomètres sont placés à 20 et à 40cent. de l'extrémité chauffée.

(Température de l'air ambiant : 11° à 12°1)

Temps.	1er thermomètre.	2e thermomètre	Temps.	1er thermomètre.	2e thermomètre.	Temps.	1er thermomètre.	2e thermomètre.
min.			Source de chaleur rétablie.			Source de chaleur rétablie.		
0	8°7	8°7	31	62°2	23.15	61	73.3	31.85
1	8.8	8.7	32			62	72.3	32.1
2	9.15	8.7	33	61.65	24.0	63	71.5	32.2
3	10.65	8.8	34	62.0	24.5	64	71.2	32.3
4	13.28	9.0	35	62.95	25.0	65	71.6	32.5
5	16.8	9.1	Source de chaleur supprimée.			Source de chaleur supprimée.		
Source de chaleur supprimée.			36	64.3	25.3	66	72.5	32.6
6	20.5	9.2	37	65.0	25.9	67	73.4	32.65
7	24.9	9.4	38	67.15	26.05	68	74.3	32.75
8	28.7	9.9	39	68.0	26.5	69	74.7	32.8
9	31.5	10.25	40	68.2	26.85	70	74.6	33.0
10	33.5	10.6	Source de chaleur rétablie.			Source de chaleur rétablie.		
Source de chaleur rétablie.			41	68.0	27.1	71	73.8	33.1
11	34.9	11.15	42	67.26	27.5	72	72.8	33.2
12	35.65	11.7	43	66.8	27.85	73	72.0	33.25
13	36.8	12.25	44	67.0	28.15	74	71.7	33.3
14	38.65	13.2	45	67.6	28 4	75	72.2	33.4
15	40.75	13.6	Source de chaleur supprimée.			Source de chaleur supprimée.		
Source de chaleur supprimée.			46	68.8	28.8	76	72.96	33.5
16	43.5	14.2	47	70.1	29.0	77	74.1	33.5
17	46.5	14.85	48	71.3	29.2	78	75.1	33.6
18	49.0	15.3	49	72.0	29.4	79	75.5	33.65
19	50.8	16.0	50	72.1	29.75	80	75.4	33.7
20	52.0	16.8	Source de chaleur rétablie.					
Source de chaleur rétablie.			51	71°48	30°0			
21	52.2	17.25	52	70.65	30.2			
22	52.4	17.95	53	70.0	30 5			
23	52.6	18.7	54	70.0	30.65			
24	53.5	19.2	55	70.3	30.95			
25	54 85	20.0	Source de chaleur supprimée.					
Source de chaleur supprimée.			56	71.3	31.1			
26	56.8	20°4	57	72.5	31.2			
27	58.8	21.0	58	73.6	31.3			
28	60.6	21.5	59	74.9	31.5			
29	61.8	22.0	60	74.0	31.75			
30	62.3	22.5	Source de chaleur rétablie.					
Source de chaleur rétablie.								

On voit par ces résultats numériques, et surtout par les courbes (pl. II, fig. 6), que les *maxima* n'ont pas lieu ici lorsque la source de chaleur est appliquée, mais au contraire, quand elle retirée, ce qui se conçoit, puisqu'il faut au flux calorifique un certain temps pour se propager jusqu'au thermomètre. Par contre, les *minima* correspondent aux phases durant lesquelles la source de chaleur agit. On pourrait néanmoins, pour une position donnée du thermomètre indicateur, choisir la durée de la période d'intermittence, de manière à avoir entre les *maxima* produits et les temps d'activité de la source, telle différence de phase que l'on voudrait. Ainsi, on peut faire en sorte que le dernier maximum produit soit en retard d'une *ondulation complète.*

Il est à remarquer aussi que les sinuosités de la première courbe sont de plus en plus accusées à mesure que la température s'élève dans la barre.

Relativement à la courbe du second thermomètre, les sinuosités sont presque insensibles sur cette petite échelle.

Dans toute autre circonstance, on n'hésiterait pas à mettre ces irrégularités sur le compte des erreurs expérimentales, et l'on ferait passer la courbe par les positions moyennes, comme on la pratique généralement. Il est admissible, toutefois, que la courbe du second thermomètre eût été plus régulière et plus rapide dans le cas normal où la source de chaleur agit sans interruption.

D'après cela, il est évident que le troisième thermomètre, placé à 60 cent. de l'extrémité chauffée, n'aurait pas été sensiblement affecté dans la régularité de sa marche ascendante, par l'intermittence, à courte période,

de la source de chaleur employée dans cette circonstance.

2° *Expérience. — Période de* 10 *minutes.*

Ici, l'intermittence de chaleur est encore régulière, mais on en a fait varier la durée. La période est de 10 minutes au lieu de 5. Les alternatives sont plus visiblement accusées sur le tableau des résultats numériques qui suivent, et bien mieux encore par les ondulations plus amples et plus profondes des courbes correspondantes (pl. II, fig. 7).

2e EXPÉRIENCE.

Ondes thermiques produites par une source de chaleur intermittente.

Périodes de 10 minutes. — Les thermomètres sont placés à 20 et à 40cent. de l'extrémité chauffée.

(Température de l'air ambiant : 5°6 à 6°6.)

Temps.	1er thermomètre.	2e thermomètre.
min.		
0	6°0	6°05
1	6.0	6.05
2	6.18	6.05
3	7.4	6.05
4	10.0	6.05
5	13.15	6.1
6	17.2	6.2
7	21.25	6.25
8	25.6	6.5
9	30.0	6.86
10	34.3	7.2
La source de chaleur est retirée.		
11	38.7	7.78
12	42.2	8.2
13	45.6	9.0
14	48.0	9.7
15	49.6	10.35
16	50.3	11.76
17	**50.5** maximum.	12.2
18	50.2	13.0
19	49.65	13.7
20	48.8	14.5
La source de chaleur est remise en action.		
21	48.0	15
22	47.0	15.7
23	46.5	16.2
24	47.0	16.8
25	48.1	17.0
26	50.0	17.25
27	52.3	17.7
28	54.75	18.0
29	57.35	18.4
30	60.0	19.0
Source de chaleur supprimée.		
31	62°2	19°1
32	65.0	19.7
33	67.15	20.2
34	68.3	20.76
35	69.0	21.2
36	68.9	21.8
37	68.1	22.3
38	67.0	23
39	66.0	23.4
40	64.3	24
La source est mise en activité.		
41	62.65	24.3
42	61	24.6
43	60	24.9
44	59.7	25.15
45	60.4	25.2
46	61.6	25.3
47	63.2	25.4
48	65.05	25.5
49	67	25.6
50	69	25.75
Source de chaleur supprimée.		
51	71	26
52	73	26.1
53	74.3	26.5
54	75.2	26.8
55	75.3	27
56	74.85	27.4
67	73.9	27.8
58	72.7	28
59	71.0	28.25
60	69.5	28.65
Source de chaleur remise en activité.		
61	67°65	28°8
62	65.7	29
63	63.95	29.05
64	62.0	**29.1**
65	60	29.1
66	58.2	29.06
67	56.5	29
68	54.7	28.8
69	53	28.68
70	51.4	28.45
Source de chaleur supprimée définitivement.		
71	49.7	28.2
72	48.2	28
73	46.7	27.6
74	45.1	27.3
75	43.9	27
76	42.5	26.6
77	41.2	26.25
78	40	26.0
79	38.9	25.5
80	37.7	25.15
81	36.5	24.75
82	35.5	24.4
83	34.6	24
84	33.6	23.7
85	32.6	23.25
86	31.7	22.96
87	30.9	22.66
88	30	22.15
89	29.3	21.8
90	28.8	21.45

3e *Expérience. — Période mixte de* 5 *et de* 10 *minutes.*

Cette expérience est, en quelque sorte, une combinaison des deux précédentes : on fait agir la source de chaleur pendant *cinq* minutes, et l'on attend *dix* minutes avant de la remettre en activité. Les résultats sont, comme on pouvait le prévoir, intermédiaires entre les deux types; toutefois, la sinuosité des courbes se rapproche plus du second cas que du premier. D'ailleurs, dans cette circonstance, les thermomètres étaient placés à 10, 20, 30 et 40 centimètres de la source de chaleur, afin de pouvoir les observer tous les quatre. On n'a pas pu produire d'alternatives réitérées, parce que la marche du premier thermomètre était ici très-rapide et que la limite de ses indications a été promptement atteinte.

Les courbes figuratives correspondantes (pl. III, fig. 1) ont des ondulations plus prononcées que dans les cas précédents.

3e EXPÉRIENCE.

Ondes thermiques produites par une source de chaleur intermittente.

Périodes mixtes de 5 et de 10 minutes. — Les thermomètres sont à 10, 20, 30, 40cent de l'extrémité chauffée.

(Température de l'air ambiant : 11°4 à 11°6.)

Temps	1er thermomètre	2e thermomètre	3e thermomètre	4e thermomètre	Temps	1er thermomètre.	2e thermomètre	3e thermomètre	4e thermomètre
min.									
0	11°5	11°6	11°8	12°	21	101°	44°4	25°9	18°
1/2	12.0	11.6	11.8	12	22	**104.5**	47.6	26.9	18.3
1	14.2	11.6	11.8	12	23	101.7	50.3	27.9	18.8
1 1/2	»	11.75	11.8	12	24	97.5	52.2	29	19.2
2	25.0	12.1	11.9	12	25	93.0	53.5	30.1	19.7
3	38.2	13.7	12.0	12	26	89	53.8	30.8	20
4	51.4	16	12.15	12.1	27	84.5	**53 82**	31.75	20.5
5	63 5	19.7	12.7	12.15	28	80.2	53.3	32.3	21
La source de chaleur est retirée.					29	76.3	52.7	33	21.5
6	74.5	23.6	13.2	12.2	30	72.8	51.9	33.3	22
7	**78.2**	28	14.5	12.3	31	69.9	50.8	33.45	22.3
8	77.4	32.3	16 1	12.65	32	67.7	49.6	33.6	22.7
9	74.5	34.8	17.4	13	33	63.85	48.6	**33 65**	23
10	71.8	36.5	18.6	13.25	34	61.25	47.6	33.5	23.2
11	68.4	37.5	19.8	13.8	35	58.7	46.3	33.25	23.3
12	65.2	38.2	20.9	14.2	36	56.4	45.25	33	23.5
13	61.9	**38.5**	22.0	14.9	37	54.1	44	32.8	23.65
14	59.2	38.45	22.8	15.2	38	52.2	43	32.4	23.7
15	56.5	38.2	23.3	15 8	39	50.1	41.9	32.1	**27 75**
La source de chaleur est rétablie.					40	48.5	40.9	31.7	23.75
16	**56.0**	37.8	24	16.4	41	46.9	39.85	31.2	23.7
17	62.2	**37.6**	24.2	16.65	42	45.2	38.85	30.85	23.65
18	72.5	38.0	24.7	17	43	43.7	38	30.4	23.6
19	83.2	39.4	25	17.4	44	42.3	37	30	23.4
20	93.2	41.9	25.4	17.8	45	40.95	36	29.5	23.2
La source de chaleur est retirée.					....	.....	.....	.....	.....

4e Expérience. — Période mixte inverse.

Opérant ensuite inversement, on a fait agir la source de chaleur pendant *dix minutes* et on l'a supprimée pendant *cinq minutes*, alternativement.

Les thermomètres étaient placés à 20, 40, 60 et 80 centimètres de l'extrémité chauffée. Les résultats ainsi

obtenus, rapprochés des précédents, montrent que la période active est tout à fait prépondérante, et que les *maxima* et *minima* n'ont pas le temps de se produire sur les troisième et quatrième thermomètres (pl. III, fig. 2).

5e *Expérience. — Autre mode d'observation.*

On chauffe pendant trois minutes, puis on retire le bec de gaz et l'on attend que le premier thermomètre (le seul observé) marque son *maximum*. Alors on fait aussitôt agir de nouveau la source de chaleur durant trois minutes, ou on la retire et l'on attend encore le deuxième *maximum* avant de remettre la flamme en activité, et l'on continue ainsi.

Le tableau suivant donne les résultats de quelques-unes de ces observations successives.

5e EXPÉRIENCE.

(Température de l'air : 12°.)

TEMPS.	THERMOMÈTRE.	TEMPS.	THERMOMÈTRE.	TEMPS.	THERMOMÈTRE.
minutes.		minutes.		minutes.	
0	12°06	6 1/2	58°5	15	102°3
1/3	12.1	7	59.3	16	104.2
1/2	12.3	8	66.0	16 1/2	104.0
2/3	12.9	9	76	17	101.15
1	14.6	Retrait de la flamme.		18	97.0
2	25.7	10	85.05	19	92.9
3	40 0	11	85.7	20	88.6
Retrait de la flamme.		Deuxième maximum.		21	84.0
4	53.0	Bec rallumé.		22	80.5
5	58.7	11 1/2	87.5	23	77.0
5 1/2	59.1	12	87.4	24	73.2
6	59.2	13	91.0	25	70.0
Premier maximum.		14	97		
Source de chaleur remise.		Retrait de la flamme.		30	57

Enfin, d'autres expériences ont été réalisées dans les deux conditions suivantes :

1° On a fait agir la source de chaleur de manière à roduire un nombre déterminé d'intermittences régu-ières ; puis on a *retiré définitivement* la source et l'on observé le nombre des ondulations de la courbe corres-ondante à chaque thermomètre indicateur ;

2° Au lieu de retirer la source après les intermittences roduites, on l'a *laissée définitivement* agir, afin de voir jusqu'où les intermittences se répéteraient.

Dans ces deux cas on a toujours remarqué que le ombre des ondulations des courbes était le même que lui des périodes artificiellement déterminées ; mais ur le premier thermomètre seulement, car il peut river que, selon la distance des autres thermomètres la grandeur des périodes, les maxima et les minima aient pas le temps de se produire.

En résumé, lorsqu'on fait agir une source de chaleur une manière intermittente, à l'extrémité de la barre tallique en expérience, les alternatives du flux calori-ue sont accusées par des *ondes* particulières, ayant des *xima* et des *minima* d'autant plus apparents que les ermomètres influencés sont plus près de la source de aleur.

Leur période peut présenter avec celle des temps ctivité de la source toutes les différences de phase, si n choisit convenablement les durées de fermeture et nterruption du flux thermique. Les alternatives se roduisent d'ailleurs en même nombre sur les courbes respondantes. Si l'on continue ensuite à chauffer s interruption ou si l'on retire définitivement le brû-r, il n'y a, dans l'un et l'autre cas, que le flux arri-t qui produise de l'effet ; après son passage tout s'uni-nise, les courbes deviennent sensiblement régulières.

V. COMPARAISON DU MODE DE PROPAGATION DE LA CHALEUR A CELUI DE L'ÉLECTRICITÉ

Analogie des courbes qui représentent le *flux thermique* et le *flux électrique*.

Bien que la vitesse de l'électricité soit incomparablement plus grande dans un circuit métallique que celle de la chaleur dans une barre de fer, la marche du flux électrique présente, comme celle du flux calorifique, une *période variable* d'accroissement avant d'arriver à un état de tension maximum définitif, et c'est la durée de l'établissement de cette phase variable, depuis son origine jusqu'à l'état permanent, qu'on nomme *vitesse de l'électricité*.

L'assimilation hypothétique des deux ordres de phénomènes a servi de point de départ aux recherches de *Ohm* sur les courants électriques. Appliquant alors à l'électricité les formules établies pour la chaleur, par Fourier et par Poisson, il découvrit, en 1827, les belles lois qui portent son nom ; lois vérifiées dix ans plus tard par Pouillet, pour les courants thermo-électriques, et plus récemment par M. Guillemin, par M. Gaugain et d'autres physiciens, pour les courants hydro-électriques.

L'hypothèse théorique est donc, sous ce double rapport, pleinement justifiée par les faits ; et l'application de ces idées au mode de propagation de l'électricité dans le câble transatlantique vient confirmer la justesse de ces lois.

Les expériences que j'ai réalisées pour étudier la vitesse de propagation de la chaleur dans une barre de fer, viennent ajouter une nouvelle preuve à l'appui de cette assimilation des deux flux thermique et électrique.

En comparant, en effet, les courbes qui les représentent l'un et l'autre dans différentes conditions expérimentales, et en les rapportant à des échelles appropriées, on est frappé de la similitude, je dirais presque de l'identité de leurs formes.

Prenons, d'une part, la figure qui représente les courbes de charge et de décharge électriques aux diverses époques de la *période variable* de l'intensité d'un courant dans le câble transatlantique [1]; et, d'autre part, les courbes qui figurent les variations d'intensité du flux thermique lorsqu'on fait agir successivement la source de chaleur pendant des temps différents, puis qu'on la retire définitivement.

Dans le premier cas (pl. III, fig. 3), « les ordonnées de ces courbes représentent, dit M. du Moncel, les intensités du courant; les abscisses, les durées. Les unités de grandeur de ces deux valeurs sont fonctions l'une de l'autre; c'est-à-dire que si l'unité de durée est représentée par un millimètre, l'unité d'intensité sera également représentée par un millimètre. »

Dans le second cas où nos courbes figurent le flux et les ondes thermiques, les ordonnées représentent aussi les intensités de la chaleur, puisqu'elles correspondent aux températures; les abscisses représentent également les durées, en minutes.

Ici, toutefois, les échelles de ces coordonnées peuvent être différentes l'une de l'autre.

Pour une tension électrique déterminée, l'onde s'élève à mesure que la durée de fermeture du courant se prolonge; elle a pour limite supérieure une droite horizon-

[1] Du Moncel : *Notice sur le câble transatlantique*, p. 12, et *Exposé des applications de l'électricité*, 3e édition, t. I, p. 64.

tale qui représente la ligne des intensités maxima, sorte d'asymptote qu'elle ne peut atteindre qu'après un temps infiniment long. Elle est d'ailleurs limitée inférieurement par l'horizontale *AA'* à intensité nulle.

De même, la courbe de l'onde thermique, pour une source de chaleur d'intensité donnée, a pour limite supérieure une horizontale analogue (dont la hauteur dépend évidemment de la température plus ou moins élevée de cette source), et pour limite inférieure la ligne des températures de l'air ambiant pendant la durée de l'expérience.

« La courbe *D'C'C* (pl. III, fig. 3) représente la courbe de charge et de décharge d'un courant dont l'intensité est arrivée aux $\frac{9}{10}$ de l'intensité maxima, sous l'influence d'une durée de fermeture représentée par 130 unités et en admettant que la décharge s'effectue par les deux bouts du câble à la fois. La partie *CC'* de cette courbe représente la décharge.

« La courbe *D'b* représente l'intensité croissante et décroissante d'un courant au bout de 70 unités de durée de fermeture du circuit. Cette intensité n'est que les $\frac{6}{10}$ de l'intensité maxima et l'on voit que, dans ce cas, la courbe de décharge s'allonge considérablement.

« La courbe *D'a* représente l'intensité du même courant prise au bout de 40 unités de durée de fermeture du circuit, période après laquelle l'intensité n'est plus que les $\frac{1}{10}$ de l'intensité maxima[1]. »

Les courbes thermiques *Aa*, *ABb*, *ACc* (pl. III, fig. 4) représentent aussi les courbes de charge et de décharge d'une même source de chaleur, maintenue en activité successivement (dans des conditions identiques) pendant

[1] Du Moncel (loco citato).

2 minutes 1/2, 10 minutes, 20 minutes, fractions diverses de la période variable ; c'est-à-dire pendant des temps inférieurs à celui qui est nécessaire pour arriver à l'état stationnaire.

D'autre part, on sait que les courants électriques, alternativement positifs et négatifs, lancés successivement dans le câble transatlantique, s'y propagent en véritables *ondes*, comme les vagues de la mer [1] ; ondes qui s'annulent partiellement pour ne laisser parvenir que la première, elle-même amoindrie, destinée à produire, à son arrivée, un effet suffisant sur les appareils si délicats de Varley et de Thomson.

Nous allons voir dans les phénomènes thermiques des résultats analogues.

La courbe (pl. III, fig. 5 *a*) qui montre l'intensité du courant électrique dans sa période variable, pendant la transmission du *trait* des signaux télégraphiques de Morse, trait produit après un contact de 300 unités de durée, a une forme tout à fait semblable à celle du flux thermique dans les deux phases d'échauffement et de refroidissement de notre barre métallique (1re expérience, pl. III, fig. 6).

La courbe qui représente le *point* (signal Morse) (pl. III, fig. 5), faite par un contact de 150 unités (la moitié de celles du trait), a une analogie frappante avec la courbe qui correspond aux intensités variables du flux thermique sans état stationnaire.

[1] Le but de ces courants alternatifs est de détruire l'effet de condensation qui se produirait dans le fil conducteur sous-marin et qui ralentirait considérablement la correspondance. On sacrifie une partie du courant, tout en conservant à la 1re onde, une énergie suffisante pour franchir l'espace intermédiaire et agir efficacement à l'autre extrémité du câble.

« Les figures 7 *a* et *b* (Du Moncel, *Câble transatlantique*, p. 24) représentent les intensités de courant à travers le câble transatlantique, après quatre émissions successives de courant (constituant la lettre *H*) et dans les deux conditions suivantes : 1° quand la transmission s'effectue par le câble seul, *sans le condensateur interposé;* 2° quand ce condensateur est interposé. »

Ces courbes sont tout à fait analogues à celles de la figure 8 *a'*, *b'* de nos expériences, dans lesquelles la source de chaleur agit d'une manière intermittente et suivant des périodes déterminées, dont il a été question précédemment.

A ces analogies évidentes, incontestables, on peut en ajouter d'autres tirées d'un ordre de faits différents.

Ainsi, « quand la ligne ne communique à la terre que d'un seul côté, alors la durée de la décharge est quatre fois plus longue que celle de la charge. » (Du Moncel, *Notice sur le câble transatlantique*, p. 10).

Cela expliquerait, par analogie, comment la vitesse de refroidissement d'une barre est plus lente que celle d'échauffement, ainsi qu'il a été constaté dans nos expériences.

M. Gaugain, a déduit de ses nombreuses expériences plusieurs lois parmi lesquelles je remarque la suivante :

La durée de propagation absolue d'un courant électrique est directement proportionnelle au carré de la longueur du conducteur.

En rapprochant cette loi de celle que j'ai formulée ainsi : Le temps que met le flux thermique pour atteindre les différents points d'une barre métallique est directement proportionnel au carré des distances de ces points

à l'extrémité chauffée ; on voit qu'il y a, ici encore, de l'analogie entre les deux phénomènes.

Parmi les lois de Ohm, se trouve la suivante : *Le temps nécessaire pour qu'un courant atteigne son état permanent dans un circuit est indépendant de la tension de la source électrique.*

Le petit nombre d'expériences que j'ai faites pour vérifier si la loi analogue avait lieu pour la chaleur, tendraient à affirmer la similitude entre les deux flux thermique et électrique.

Notre but n'étant pas de poursuivre plus loin cette analogie, nous nous bornons aux rapprochements qui viennent d'être signalés.

Nous rappellerons seulement, en ce qui concerne le sujet qui nous occupe, que les *conductibilités calorifiques sont proportionnelles aux conductibilités électriques.* Les tableaux numériques donnés par M. Béquerel et par MM. Wiedemann et Franz, montrent que cette proportionnalité est sinon rigoureuse, du moins incontestable [1].

La comparaison qui précède entre les courbes relatives au courant électrique et au flux thermique, nous paraît fournir une nouvelle preuve de l'analogie qui existe entre les modes de propagation de l'électricité et de la chaleur.

On objectera peut-être, au sujet de l'exactitude des résultats obtenus, que la méthode de Despretz à laquelle j'ai eu recours, n'est pas inattaquable sous certains

[1] « Il ne peut être question d'identité entre les nombres qui représentent ces conductibilités puisque les unités qui servent à les mesurer n'ont entre elles aucun rapport. » (Verdet, t. IV, Conf. de phys., p. 33.)

rapports, et qu'il eût été préférable d'employer des procédés plus récents, plus rigoureux, tels que ceux de Langberg, ou mieux de MM. Wiedemann et Franz, où l'on fait usage d'appareils thermo-électriques.

Je sais que l'emploi de ces appareils est certainement préférable à celui des thermomètres. Je n'ignore pas qu'on doit chercher à donner aux résultats d'observations expérimentales tout le degré d'exactitude que comporte la science. Mais il est des cas où l'extrême précision n'est pas absolument nécessaire pour mettre en évidence certains phénomènes physiques. Dans l'espèce, si mes résultats avaient été obtenus par des procédés tout à fait rigoureux, la forme des courbes qui représentent la marche, la vitesse, l'intensité du flux et des ondes thermiques, dans nos diverses expériences, n'en eût pas été, je crois, sensiblement altérée et je n'aurais rien à changer à mes conclusions.

Ainsi, pour le but que je m'étais proposé, la méthode de Despretz, très-commode et très-simple, était suffisante. D'ailleurs, je ne disposais pas de ces appareils coûteux qu'on ne trouve point dans les cabinets de physique de province.

Il n'y a que pour la vérification de la loi que j'ai énoncée sur la vitesse de propagation du flux thermique, que j'ai regretté de n'avoir pas à ma disposition des thermomètres doués de plus de sensibilité, de façon à pouvoir accuser, le plus promptement possible, à quelques secondes près, par un effet appréciable, le moment de l'arrivée du flux calorifique, ou la première impression de chaleur sur les instruments indicateurs.

me.
esse du flu
fig. 2.
l'air ambiant.
65
70
en minutes).

QUALITÉS SONORES

COMPARATIVES

DES MÉTAUX, DES BOIS ET DES PIERRES

Par C. DECHARME.

I. — Qualités sonores de divers métaux et alliages.

Les tiges cylindriques sur lesquelles ont porté les expériences suivantes avaient toutes 0m,20 de longueur et 0m,01 de diamètre. Pour faire rendre à chacune d'elles le son fondamental, j'ai dû employer divers moyens, selon le degré de sonorité des substances : les unes, les moins sonores, ont été suspendues par un fil, à l'endroit d'un des nœuds principaux, c'est-à-dire à 0m,04 environ de l'extrémité; les autres, posées, aux deux nœuds, sur les arêtes de prismes en liége ou sur un tube fin en caoutchouc. On frappait la tige en son milieu avec un marteau en bois ou recouvert de caoutchouc. L'expérience a montré qu'on pouvait faire varier de plusieurs millimètres les points de suspension, sans que le son fondamental de l'une quelconque des tiges en fût altéré d'une façon appréciable, dans sa hauteur et même dans son intensité. Il n'était donc pas nécessaire d'avoir re-

cours aux formules d'Euler, simplifiées par M. Lissajous[1], pour déterminer, par le calcul, la position des nœuds.

Ces formules sont, comme on sait, les suivantes :

$$D = \frac{2l}{2n-1} \quad S_1 = \frac{0{,}6608.l}{2n-1} \quad S_2 = \frac{S.l}{2(2n-1)},$$

dans lesquelles on représente par

n, le nombre des nœuds,

l, la longueur de la tige,

S_1, la distance de chaque extrémité de la tige au nœud le plus voisin,

S_2, la distance de chaque extrémité de la tige au nœud le plus éloigné,

D, la distance de deux nœuds consécutifs, ou l'entre-nœud.

Toutefois, elles sont plutôt applicables aux cas où la tige est longue, donne divers harmoniques et se partage, par conséquent, en un assez grand nombre de divisions limitées par des nœuds. Ce qui le prouve c'est qu'elles s'adaptent avec peu d'exactitude au cas simple qui nous occupe. En effet, nous avons ici

$n = 2$, $l = 20^{cent.}$ Les formules donnent :

$D = 13^c, 33$, $S_1 = 4^c, 4$, $S_2 = 16^c\ 66$

On devrait avoir 20° pour chacune des sommes 13, 3 + 8, 8 et 16, 66 + 4, 4, ce qui n'est pas.

Mais comme, d'autre part, S_1 est sensiblement égal à $\frac{D}{3}$; on a $\frac{D}{3} + \frac{D}{3} + D = 20$, d'où $D = 12^c$ sensiblement; par suite $S_1 = 4^c$ et $S_2 = 16^c$. C'est, en effet, ce

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXX, p. 385.

que l'expérience vérifie, car S_1 pour les diverses tiges, a été trouvé compris entre 40^{mm} et 42^{mm}.

J'ai déterminé aussi expérimentalement, avec une assez grande exactitude la position des nœuds de vibrations d'une tige des dimensions précitées, en la tenant verticalement entre les dents incisives et la déplaçant jusqu'à ce qu'elle rende (quand on la frappe par le milieu) le son le plus distinct, le plus fort, le plus durable[1]. C'est ainsi que j'ai trouvé pour le plomb, l'étain, l'antimoine et le zinc, fort peu sonores par les moyens ordinaires, que la position des nœuds était éloignée de l'extrémité correspondante, d'une distance qui variait seulement de 0^{m},041 à 0^{m},042.

Ce moyen m'a servi également à déterminer avec facilité la hauteur des sons rendus par les diverses tiges métalliques sur lesquelles mes expériences ont porté.

— Pour prendre la *hauteur* des sons fondamentaux donnés par les diverses tiges soumises à l'expérience, on les a comparés aux notes de la gamme tempérée, à l'aide d'un piano accordé sur le diapason normal ($La_3 = 870^{v.s.}$)

Les résultats de cette comparaison sont renfermés dans le tableau suivant, qui permet de saisir d'un coup d'œil la place qu'occupe chacun de ces sons dans l'échelle musicale.

[1] On peut percevoir, par ce procédé, les vibrations les plus faibles du diapason.

Position, dans l'échelle musicale, des sons fondamentaux rendus par des tiges cylindriques de divers métaux et alliages, ayant toutes 20^{cent} *de longueur et* 1^{cent} *de diamètre.*

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.	NOTES.		NOMBRES DE VIBRATIONS (La 3 = 870 vs) GAMME des PHYSICIENS.	GAMME TEMPÉRÉE.
			vs	vs
	ut 3		522	517.3
Plomb.	fa 3		696	690
		fa dièse 3	725	731.57
	sol 3		783	775.00
		sol d. 3	815.6	821.16
	la 3		870	870
		la d. 3	906.25	921.82
or (*)	si 3		978.75	976.53
argent (*)	ut 4		1044	1034.6
Antimoine		ut d. 4	1087.5	1096.1
Etain.	ré 4		1174.5	1161.3
		ré d. 4	1223.4	1230.35
Laiton.	mi 4		1305.0	1303.6
Bronze.	fa 4		1392.0	1381.0
Zinc.		> fa 4	> 1392.0	1422. environ
		fa d. 4	1450.0	1463.3
	sol 4		1566 0	1550.0
Cuivre.		sol d. 4	1631.25	1642.32
	la 4		1740	1740
Fonte.		la d. 4	1812.5	1843.64
	si 4		1957.5	1953.06
(verre)	ut 5		2088.0	2069.2
Fer.		ut d. 5	2175	2192.2
Acier.	ré 5		2349	2322.6
		ré d. 5	2446.8	2460.7
	mi 5		2610	2607.03
Aluminium *	fa 5		2784	2762

La hauteur des sons fondamentaux rendus par l'aluminium, l'argent et l'or a été calculée de la manière suivante :

Pour l'aluminium, j'ai eu recours à deux médailles de

[1] La hauteur des sons rendus par les métaux marqués d'un astérisque a été calculée comme il est indiqué plus bas.

même module (59^{mm} de diamètre et 2^{mm} d'épaisseur; médailles de Thénard : Société de secours des Amis des sciences), l'une en bronze, l'autre en aluminium. La seconde rendait sensiblement l'octave supérieure du son que donnait la première. Or, une tige en bronze, des dimensions précitées, donne le fa_4; donc le son d'une tige égale en aluminium correspondrait sensiblement au fa_5.

Pour l'argent et l'or, j'ai fait faire des rondelles de laiton ayant même module que des pièces d'argent et d'or monnayés (ou un diamètre double afin d'apprécier plus sûrement la hauteur des sons rendus).

Une pièce de 5 fr. en argent, dont le diamètre est de 37^{mm} et l'épaisseur de 2^{mm} a donné l'ut_7 *dièse*, tandis que la rondelle correspondante en laiton a rendu le son fa_7; enfin, une pièce d'or de 40 fr. de 26^{mm} de diamètre sur 1^{mm} d'épaisseur, rendant le même son que la pièce de 5 fr. en argent, c'est-à-dire ut_7 *dièse*, a été comparée à une rondelle du module de cette pièce de 5 fr. c'est-à-dire de 37^{mm} sur 2^{mm}, au moyen de cette loi connue en acoustique : les nombres de vibrations de deux rondelles circulaires sont en raison inverse des rayons et proportionnels aux épaisseurs.

En sorte que trois rondelles de même module en

	laiton,	argent,	or,
rendraient les sons	fa_7	ut *dièse*$_7$	ut_7

Par suite, comme une tige en laiton (de 20^c de longueur sur 1^c de diamètre) produit le son mi_4, il en résulte que trois tiges cylindriques des dimensions précédentes donneraient respectivement les sons :

laiton	argent	or
mi_4	ut_4	si_3

Les résultats numériques précédents sont traduits graphiquement par la *fig. I* obtenue de la manière suivante :

A partir d'un point sur une droite horizontale, on prend pour abscisses des longueurs croissant en progression arithmétique, représentant les demi-tons de la gamme tempérée ; on élève en chacun des points ainsi déterminés une perpendiculaire de longueur proportionnelle au nombre de vibrations qui correspond à la note considérée ; les extrémités de ces ordonnées sont sur une courbe logarithmique, ayant pour formule exponentielle $y = a^x$ ou, dans le cas particulier actuel :

$$N = \left(\sqrt[12]{2}\right)^n \text{ ou } N = (1{,}05963)n \text{ ou } N = (1{,}06)n.$$

n, étant un nombre entier marquant le rang de la note à partir de l'ut d'une octave quelconque, et

N étant le nombre de vibrations simples correspondantes.

Pour représenter d'une façon plus simple et plus apparente encore les résultats obtenus, on peut employer les portées de la musique et placer le nom du métal sous la note du son fondamental que rend chaque tige (fig. 1 *bis*).

On voit que, du plomb à l'aluminium, il y a un intervalle de deux octaves, du fa_3 au fa_5.

Les chiffres du tableau précédent ne peuvent marquer d'une manière absolue les notes qui correspondraient à d'autres tiges de même dimension et de même nature que les nôtres, car la hauteur des sons doit nécessairement varier un peu avec les divers échantillons d'un

même métal, leur homogénéité n'étant jamais identiquement la même.

Il serait facile, d'après les lois connues en acoustique, de déduire de ces nombres la hauteur des sons rendus par des tiges de dimensions quelconques des métaux sur lesquels ont porté mes expériences.

— L'*intensité* des sons rendus par nos tiges métalliques varie beaucoup avec la nature du métal ; elle diffère aussi selon la disposition adoptée et le mode d'excitation. Généralement, quand on suspend la tige à un fil, le son est plus intense et plus durable que quand on la fait reposer par deux points sur des supports quelconques ; mais en revanche, les sons obtenus dans ce dernier cas, sont purs, débarrassés des harmoniques qui se produisent inévitablement par le premier mode de suspension.

Relativement à la *durée des sons* rendus par chacune de ces tiges, les résultats suivants obtenus en suspendant le métal à un fil, pourront en donner une idée :

	Sec.			Sec.	
Plomb.	0.3	environ	Cuivre	5	environ
Antimoine	0.5	id.	Laiton	14	
Etain	< 1.0		Fer.	12	
Zinc.	1.0		Bronze.	24	
Fonte	> 2.0		Acier.	45	

Il est à remarquer que le son produit par l'acier posé sur les arêtes de deux prismes en liége, à l'endroit des nœuds, dure seulement 25 secondes, presque la moitié moins de temps que quand il est suspendu à un fil et frappé de la même manière dans les deux cas.

Le bronze, au contraire, donne un son qui dure 25 à 26 secondes par le mode des supports en liége.

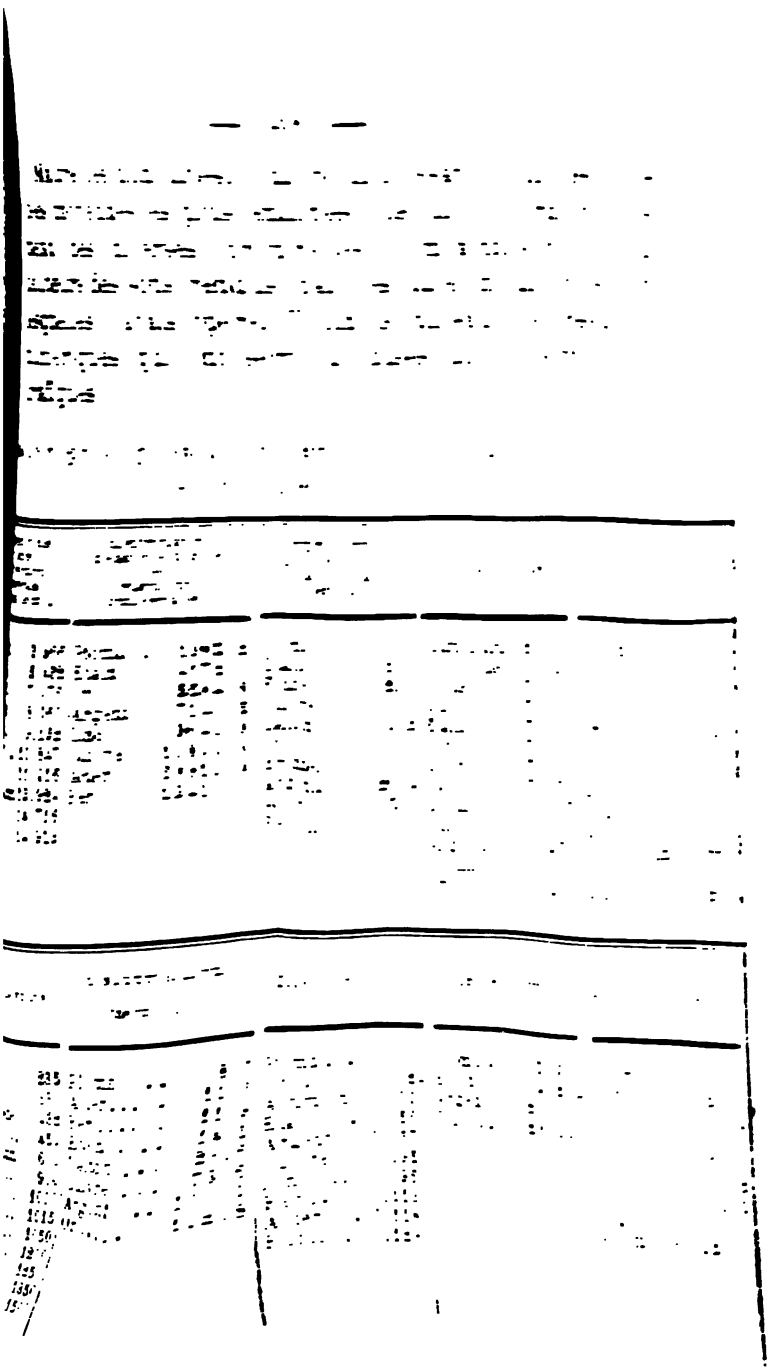
— Quant au *timbre*, il ne peut être caractérisé pour les tiges de plomb, d'étain et d'antimoine ; on peut dire qu'il commence à s'accentuer au zinc, puis à la fonte et au cuivre ; qu'il est très-beau et très-plein avec le laiton et surtout avec le bronze posés sur des prismes en liége. On connaît les sons clairs et purs de l'or et de l'argent. Pour le fer et l'acier (on pourrait ajouter l'aluminium), suspendus à un fil, le timbre est plus clair encore, surtout quand le métal est frappé de manière à produire des harmoniques qui sont toujours très-élevés.

Relations entre la hauteur des sons rendus par les métaux et leurs autres propriétés physiques ou chimiques.

Je me suis proposé de rechercher les relations qui peuvent exister entre les qualités sonores des tiges métalliques précédentes et les autres propriétés physiques ou chimiques des substances qui les constituent.

Le plus grand embarras que l'on éprouve lorsqu'on veut établir une relation théorique ou empirique entre des phénomènes déterminés, est de se trouver en présence de nombres discordants fournis par divers expérimentateurs.

Dans le cas présent, la difficulté s'accroît encore par l'absence des résultats numériques relatifs aux différents éléments que l'on compare. Ainsi, lorsqu'on cherche, sur les différents ouvrages, même les plus récents, les coefficients d'élasticité des métaux, ou leur dilatabilité, leurs points de fusion, etc., on trouve des chiffres qui varient parfois de plus de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{10}$ de la valeur relative. D'autre part, on ne trouve point, par exemple, les chaleurs latentes des alliages et l'on n'a pas leurs équivalents chimiques.



Les courbes (fig. 2) qui traduisent graphiquement ces résultats ont été tracées de la manière suivante : Sur la verticale sont inscrits les noms des métaux vers les extrémités des longueurs qui représentent les nombres de vibrations simples relatives aux sons fondamentaux rendus par les différentes tiges, dans les mêmes conditions physiques et mécaniques.

Les courbes de chacune des autres propriétés ont été tracées en joignant successivement les points correspondants aux données numériques à la ligne horizontale aboutissant à chaque métal. Seulement, il a fallu prendre des échelles différentes pour la plupart d'entre eux, afin de mettre plus d'homogénéité dans l'ensemble des courbes comparatives devant figurer sur la même feuille.

En jetant les yeux sur ces courbes, on remarque que les propriétés suivantes : *vitesse du son*, *coefficients d'élasticité*, *chaleurs spécifiques*, *chaleurs latentes*, sont sensiblement *en raison directe* des sons rendus par les tiges ; que les *équivalents* paraissent être, au contraire, *en raison inverse* de ces hauteurs. Quant à la *densité*, il y a, malgré diverses exceptions, tendance à la proportionnalité inverse. Il en est de même de la *dilatabilité*. La *ténacité*, *la conductibilité*, et la *fusibilité* présentent de grandes anomalies ; c'est pourquoi il est difficile de se prononcer à leur égard ; aussi leurs courbes irrégulières n'ont-elles pas été représentées sur la fig. 2.

Diverses autres propriétés, telles que *la dureté*, les *pouvoirs émissifs et réflecteurs*, le *magnétisme spécifique*, *l'ordre thermo-électrique*, etc., ne semblant pas offrir de rapports avec la hauteur des sons rendus par nos tiges métalliques, nous ne les avons pas mentionnées dans [illegible]e tableau comparatif.

En définitive, la sonorité des métaux, ou plutôt la hauteur des sons rendus par eux, ne se rattache d'une manière certaine à aucune propriété physique ou chimique : ainsi, bien qu'elle soit en corrélation évidente avec la *densité*, elle n'en dépend pas essentiellement, car on trouve de nombreuses exceptions à la proportionnalité inverse. Elle n'est pas non plus en relation directe avec la *dureté*, puisque l'antimoine qui sous ce rapport, vient après le fer, est suivi du cuivre et de l'or qui sont bien plus sonores que lui ; il est vrai que le plomb est au bas de l'échelle de dureté, comme il donne le son le plus grave des métaux soumis à nos expériences ; et ainsi des autres propriétés. La relation la plus directe de la sonorité avec les propriétés physiques est celle qui la rattache à *l'élasticité* ; et cependant, il y a encore ici bien des exceptions, parmi lesquelles je ne citerai que la suivante : On sait que l'acier trempé est plus élastique que l'acier non trempé ; néanmoins le second donne un son plus élevé que le premier.

On voit, par ces rapprochements et ces différences, que les lois qui lient la sonorité des métaux à leurs autres propriétés physiques ou chimiques paraissent complexes.

Après avoir passé en revue les relations simples[1], on a dû chercher s'il en existait de composées. Wertheim en a fait connaître une qui s'énonce ainsi :

[1] M. Person a formulé diverses relations entre la chaleur latente et la chaleur spécifique d'un même corps, ou entre la chaleur latente des métaux et leur élasticité ; mais ces relations ne se rattachant pas d'une manière assez certaine aux qualités sonores qui nous occupent, nous les passons sous silence.

« Toutes choses égales d'ailleurs, le nombre de vi-
« brations produites, dans l'unité du temps, par une
« tige que l'on ébranle transversalement, est directe-
« ment proportionnel à la racine carrée de son coeffi-
« cient d'élasticité et inversement proportionnel à la
« racine carrée de sa densité, » que l'on peut traduire par la formule :

$$n = \sqrt{\frac{d}{e}}.$$

Pour deux tiges de métaux différents, on a :

$$\frac{n}{n'} = \sqrt{\frac{ed'}{e'd}}.$$

En appliquant cette dernière aux tiges cylindriques qui ont fait l'objet de mes expériences, je trouve les résultats suivants :

Cuivre : $n = 1642$ $e = 10519$ $d = 8,95$
Fer : $n' = 2192$ $e' = 20794$ $d' = 7,99$

ce qui conduit à $0,56 = 0,4456$, avec une erreur ou différence de 0,1154.

Zinc : $n = 1391$ $e = 8734$ $d = 7,19$
Fer : $n' = 2192$ $e' = 20794$ $d' = 7,79$

ces nombres mis dans la formule conduisent à

$0,63 = 0,67$, différence 0,04.

Zinc : $n = 1391$ $e = 8734$ $d = 7,19$
Cuivre : $n' = 1642$ $e' = 10519$ $d' = 8,95$

d'où $0,84 = 0,98$, différence 0,14.

Zinc : $n = 1391$ $e = 8734$ $d = 7,19$
Acier : $n' = 2322$ $e' = 19561$ $d' = 7,84$

d'où $0,699 = 0,6977$, différence : 0,0987.

Si nous posons :

$$\frac{n}{n'} = A\sqrt{\frac{ed'}{e'd}},$$

A, étant fonction des autres propriétés physiques ou chimiques, on aura pour le :

1er cas, cuivre et fer	0,56	$= A.0{,}445$ d'où	$A = 1{,}24$
2e — zinc et fer	0,63	$= A.067$	$A = 0{,}94$
3e — zinc et cuivre	0,84	$= A.098$	$A = 0{,}857$
4e — zinc et acier	0,599	$= A.0{,}6977$.	$A = 0{,}86$

On voit, par ces exemples, que A varie encore avec la nature de la substance, mais dans des limites assez rapprochées.

II. — Qualités sonores des bois comparées a celles des métaux.

J'ai réalisé sur des tiges en bois de diverses espèces les mêmes expériences qu'avec les tiges métalliques. Ayant donné aux unes et aux autres les mêmes dimensions, j'ai pu comparer les résultats obtenus dans les deux cas. Le tableau suivant donne les chiffres d'expérience relatifs aux tiges ligneuses.

Position, dans l'échelle musicale, des sons fondamentaux rendus par des tiges de différents bois ayant toutes 0m,20 de longueur et 0m,01 de diamètre.

(Gamme tempérée : La_3 = 870 vib. s.)

	BOIS	NOTES	NOMBRES DE vibrations en 1 ″.	DENSITÉS [1]
			v. s.	
1	Buis, 1	Mi_4	1303.6	0.930
2	Orme			0.800
3	Buis, 2 (Hollande)	$Fa^{dièse}_4$	1463.3	1.019
4	Noyer, *a*			0.535
5	Laurier			0.586
6	If	Sol_4	1550.0	0.567
7	Tremble			0.630
8	Noyer, 2			0.496
9	Saule ordin.	> Sol_4	> 1550.0	0.471
10	Noyer, 1	$Sol^{d\cdot}_4$	1642.23	0.484
11	Pin			0.484
12	Ebène	> $Sol^{d\cdot}_4$	> 1642.32	1.133
13	Sureau			0.656
14	Satinet			0.684
15	Palissandre	La_4	1740.0	0.802
16	Cormier			0.749
17	Hêtre			0.828
18	Sapin du nord, 1			0.421
19	Campêche			1.095
20	Ormeau, 1			0.707
21	Cerisier			0.656
22	Chêne, 1			0.611
23	Chêne, 2			0.723
24	Abricotier			0.636
25	Tilleul			0.516
26	Prunier	> La_4	> 1740	0.802
27	Châtaignier			0.646
28	Ormeau, 2	$La^{d\cdot}_4$	1843.64	0.758
29	Saule brin			0.589
30	Calsadra			1.025
31	Poirier	> $La^{d\cdot}_4$	> 1843.64	0.579
32	Palmier			*1.140*
33	Acacia	Si_4	1953.06	0.649
34	Acajou			0.548
35	Cyprès			0.840
36	Platane			0.713
37	Bouleau			0.547
38	Alisier			0.848
39	Chêne du pays, 2			0.681
40	Id. 1	> Si_4	> 1953	0.751
41	Sorbier			0.732
42	Sapin, 2	Ut_5	2069.2	0.586
43	Merisier			0.611
44	Frêne			0.643
45	Aune			0.547
46	Peuplier suisse	> Ut_5	> 2069.2	0.484
47	Sapin, 1			0.519
48	Sapin du nord, 2			*0.414*
49	Charme	$Ut^{d\cdot}_5$	2192.2	0.799
50	Peuplier	$Ré_5$	2322.6	0.407
51	Sapin du nord, 3			0.560
52	Sapin du nord, *a*	Mi_5	2607.03	0.544

1 Les densités ont été calculées d'après le poids de chaque tige et le volume commun 15″,7.

On voit par ce tableau, que les bois, malgré la diversité de leur essence (les expériences ont porté sur 38 espèces et 14 variétés), ne donnent que des sons compris dans l'intervalle d'une octave seulement, du Mi_4 (Buis) au Mi_5 (Sapin du nord).

Nous avons vu (p. 46), que, pour une douzaine de métaux, il y a deux octaves depuis le son rendu par le plomb (Fa_3) à celui que donne l'aluminium (Fa_5). Il est vrai que les densités des bois, présentent bien moins de différence que celles des métaux, puisque les premières ne varient que de 0,414 à 1,140 (du sapin du nord au palissandre) c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 2.76 ; tandis que pour les métaux soumis à l'expérience, la densité va de 2,56 (aluminium) à 19,3 (or), c'est-à-dire qu'elle varie dans le rapport de 1 à 7.5, ou en d'autres termes, qu'elle est presque trois fois plus grande que celle des bois ; et l'on sait que la hauteur des sons dépend beaucoup de la densité, quoiqu'il y ait à cet égard beaucoup d'exceptions. Ainsi, le saule qui est, après le peuplier et certain sapin du nord, le plus léger des bois soumis à l'expérience, donne la même note (Sol_4) que l'ébène qui est le plus lourd après le palissandre. La plus basse note est fournie par le buis dont la densité n'est que de 0,93, tandis que la plus haute appartient au sapin du Nord, dont la densité 0,54 est loin d'être la plus faible, car le minimum descend à 0,414.

L'*intensité* des sons rendus par les différentes tiges en bois sur lesquelles les expériences ont porté est assez faible ; la *durée des sons* est elle-même difficile à apprécier. On peut dire toutefois que le palissandre, le campêche, le calsadra, le noyer, le satinet, l'acacia sont au premier rang pour l'intensité et la *durée* des sons qui,

III. — Qualités sonores des pierres comparées à celles des métaux et des bois.

Après avoir rapproché les qualités sonores des bois de celles des métaux, j'ai voulu étendre aux pierres cette étude comparative. Il n'était pas possible de donner à celles-ci les dimensions précédentes (20$^{cent.}$ de long et 1$^{cent.}$ de diamètre); j'ai dû, pour tourner la difficulté, faire faire des tablettes aussi minces qu'il était possible (pour que les sons fussent moins élevés et plus facilement appréciables), mais ayant une largeur de 4$^{c.}$, 5 environ, sur 15^{c} de longueur; puis, comme terme de comparaison, une tablette en fer de mêmes dimensions.

J'ai pris alors la hauteur des sons fondamentaux rendus par des pierres de diverses natures en les rapportant d'abord au son produit par la tablette en fer de même module, puis à celle de la tige en fer de nos expériences précédentes. Les tablettes étaient posées sur les arêtes de prismes en liége à l'endroit des deux nœuds principaux, c'est-à-dire à 32^{mm} environ de chaque extrémité. Nous avons vu, pour les métaux, qu'il est possible, sans altérer la hauteur du son rendu par une tige (et il en est de même pour une tablette) de faire varier de plusieurs millimètres les points de suspension.

Les résultats de cette étude comparative sont contenus dans le tableau suivant :

...osition, dans l'échelle musicale, des sons fondamentaux rendus par des **pierres** *en tablettes égales* (longueur : 14 cent,9; largeur : 4 cent,7; épaisseur : 0 cent,85) *ou en tiges égales* (longueur : 20 cent; diamètre : 1 cent.)

SUBSTANCES	HAUTEURS (Gamme tempérée : La 3 = 870 v.s.) TABLETTES	TIGES	NOMBRE de vibrations — v.s.	ORDRE de hautr	TIMBRES	DENSITÉS	ORDRE de DURETÉ
PIERRES PROPREMENT DITES :							
Tuffeau (Saumur)	Ut 4	Ut dièse 3	558 05	2	Tout à fait voilé	1.95	2
L'Echaillon blanc (Grenoble)	> Fa 5	> Fa d. 4	> 1463.3	8	Voilé	2.55	8
Caen	Fa dièse 5	Sol 4	1550.0	9	Assez clair	2 29	10
Lavoux (Vienne)	Sol 5	Sol d. 4	1642.32	10	Id.	2.44	6
Breuil (Vienne)	> Sol 5	> Sol d. 4	> 1642.32	11	Un peu voilé	2.53	11
Tonnerre	Sol d. 5	La 4	1740.0	12	Assez clair	2.44	12
Saint-Savin (Vienne)	> Sol d. 5	> La 4	> 1740.0	13	Voilé	2.53	5
L'Echaillon rouge (Isère)	La 5	La d. 4	1843.64	14	Peu clair	2.55	9
Migné (Vienne)	< La d. 5	< Si 4	< 1953.06	15	Assez clair	2.71	3
Marbre blanc (Italie)	Si 5	Ut 5	2069.2	16	Peu clair	2 73	17
Marbre gris cendré (Le Mans)	Ut 6	Ut d. 5	2192.2	17	Très-clair (beau)	2.68	18
Marbre noir (Italie)	> Ut d. 6	> Ré 5	2322.6	19	Id.	2.68	21
Marbre gris (de Laval)	Ré 6	Ré d. 5	2460.7	20	Clair	2.69	19
Marbre rose (de Sablé, Sarthe)	> Ré 6	> Ré d. 5	> 2460.7	21	Très-clair (beau)	2.70	20
Ardoise (d'Angers)	Mi 6	Fa 5	2762.0	22	Très-clair	2.88	16
SUBSTANCES DIVERSES :							
Brique (terre cuite ordinaire)	Si 3	Ut 3	517.3	1	Tout à fait voilé	2.31	7
Brique réfractaire	Sol d. 4	La 3	870.0	5	Peu clair	2.29	13
Brique de carrelage	Ré d. 5	Mi 4	1303.6	7	Clair	2.38	14
Verre (ordinaire)	Ut 6	Ut d. 5	2192.2	18	Très-clair	2.53	22
Plâtre (sec)	< Ré 4	< Ré d. 3	< 615.17	3	Clair	1.61	1
Charbon de cornues à gaz	Si 4	Ut 4	1034.6	6	Tout à fait voilé	1.80	15
Sucre de canne	Sol 4	Sol d. 3	821.16	4	Assez clair	1.21	4

On voit que les quinze pierres proprement dites, sur lesquelles ont porté les expériences (pierres choisies parmi celles qui offraient le plus de variété dans la composition, la densité, la dureté et la sonorité[1]) présentent, relativement à la hauteur des sons, une différence de plus de deux octaves, de l'ut, *dièse* (tuffeau) au fa, (ardoise). Sous ce rapport, les pierres l'emportent donc sur les métaux, quoiqu'il y ait, pour les premières, moins de différence dans les densités.

Les relations entre la hauteur des sons et les autres propriétés physiques ne se présentent pas sous un caractère net et décisif. Bien que la hauteur des sons augmente sensiblement avec la *densité* et la *dureté* des pierres, on ne peut dire que ce soit en raison directe, car il y a de nombreuses exceptions à la loi de proportionnalité. Ici, comme pour les métaux et les bois, ces relations sont complexes et dépendent d'autres éléments dont les matériaux ne se trouvent pas dans les annales de la science.

De même aussi comme pour les bois et les métaux, les résultats qui précèdent sont évidemment susceptibles de varier un peu d'un échantillon à l'autre de la même substance, par suite du défaut d'homogénéité. Ils dépendent aussi de l'état de dessiccation plus ou moins complet des matières au moment des expériences comparatives ; quelques-unes de ces pierres sont même assez hygrométriques. De plus, comme on emploie de l'eau pour travailler ces pierres, il faut avoir soin de les exposer au soleil pendant plusieurs heures, avant de procéder à la

[1] Je n'ai pu, à mon grand regret, me procurer de tablettes en silex et en grès, parce que ces pierres sont trop difficiles à travailler.

détermination de la hauteur du son rendu par chacune d'elles.

En résumé, les corps solides soumis à l'expérience ont donné des sons fondamentaux compris entre ut_3 et fa_5, plus de deux octaves; les métaux ont présenté le plus de variété, sous le triple rapport de la hauteur (si l'on fait abstraction du tuffeau, pour les pierres) de l'intensité et du timbre.

	Étendue des sons.
Métaux. . .	du fa_3 (plomb) au fa_5 (aluminium).
Pierres. . .	de l'ut_3 (tuffeau) au fa_5 (ardoise).
Bois . . .	du mi_4 (buis) au mi_5 (sapin du nord).

DES

ANNEAUX COLORÉS

THERMIQUES

Par C. DECHARME.

Les circonstances dans lesquelles se produisent les anneaux colorés, les franges irisées, les bandes d'interférence, sont nombreuses et bien connues. La cause de ces phénomènes variés est toujours la même : c'est la formation de lames plus ou moins minces (couches d'air, de gaz, de liquides, de solides, oxydes, iodures, bromures, sulfures, toutes transparentes, dont l'épaisseur varie néanmoins de l'une à l'autre), qui donne naissance aux diverses teintes plus ou moins brillantes que l'on observe. Les dépôts solides peuvent être produits par voie chimique seule, ou par voie électro-chimique. Je vais montrer qu'on peut aussi les obtenir par voie thermique.

Donnons d'abord une idée générale du procédé dont il s'agit.

Quand on expose une plaque de *cuivre* à la flamme d'une lampe à alcool, d'un bec de Bunsen, ou mieux, au jet fixe et étroit de la lampe d'émailleur, il se pro-

duit sur le métal, autour du point chauffé, des couronnes irisées, dont le nombre, l'étendue et l'éclat, varient suivant l'intensité et la nature plus ou moins oxydante de la source calorifique, l'épaisseur et le poli de la plaque, la durée de l'exposition à la flamme, etc. Dans de bonnes conditions, que l'expérience apprend bientôt à connaître, on obtient des *anneaux colorés* fixes, aux teintes extrêmement vives, paraissant inaltérables à l'air, et en zones non moins belles mais beaucoup plus larges que celles des anneaux de Newton.

Mes expériences ont porté sur différents métaux, mais spécialement sur le cuivre, comme se prêtant le mieux au développement du phénomène. C'est donc de ce métal surtout qu'il sera question.

La seconde partie de ces recherches comprendra les résultats relatifs aux autres métaux soumis à l'expérience.

Dans une dernière partie, il sera question des anneaux produits par voie chimique et de la comparaison entre eux des anneaux obtenus par ces divers moyens, et enfin de quelques applications possibles de ces teintes irisées.

Entrons maintenant dans le détail de l'expérimentation où l'on trouvera les indications suffisantes pour le succès de ce genre d'opérations, assez délicates d'ailleur à exécuter, mais qui présentent un grand attrait.

I.

ANNEAUX COLORÉS THERMIQUES PRODUITS SUR LE CUIVRE.

Mode d'expérimentation. — Dans ces sortes d'expériences on peut employer des plaques carrées de 10 à 20 ou 25 centimètres de côté, depuis la mince feuille de clinquant jusqu'aux plaques de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Pour que les anneaux thermiques puissent se développer convenablement, il faut faire choix de plaques d'autant plus larges qu'elles sont plus épaisses, la chaleur, suffisamment intense et prolongée, pouvant se propager dans le métal à une distance d'autant plus grande qu'il a plus d'épaisseur.

Mais la condition la plus importante pour le succès de l'opération, c'est que le métal soit parfaitement poli et ne présente ni gerçures à la surface, ni paille à son intérieur.

La plaque que l'on veut soumettre à l'expérience est d'abord planée avec soin, pour lui donner de l'homogénéité et faire disparaître les petites irrégularités de la surface, puis rognée, décapée dans l'eau acidulée à l'acide azotique, lavée à l'eau de suie, pour la préserver de l'oxydation, lui conserver sa couleur rose naturelle, et enfin polie au brunissoir d'agate qui donne un très-beau brillant que l'on n'obtiendrait pas avec le rouge d'Angleterre et la peau de chamois. Ce point est important si l'on veut avoir des teintes très-vives, car on sait que c'est à la réflexion de la lumière sur la face primitive faisant miroir, que sont dues, par suite de la

transparence des couches mêmes déposées, les plus belles couleurs que l'on produit par divers procédés mécaniques, chimiques, électriques et thermiques.

On dispose la plaque horizontalement, serrée à l'un de ses angles par une pince métallique ou même à un support en bois, comme ceux que l'on emploie dans les laboratoires de chimie. On approche sous le centre de la plaque [1], la flamme de la lampe d'émailleur; flamme très-basse d'abord et dont on règle ensuite la hauteur; on maintient le jet continu vertical et invariable, en soufflant d'autant plus doucement que la plaque est plus mince. Suivant la distance et l'énergie du jet de flamme on obtient des résultats différents, qui varient encore avec la nature plus ou moins oxydante de la partie de la flamme qui touche le métal, et selon l'épaisseur de la plaque.

Dans tous les cas, le premier effet de la chaleur sur une plaque de cuivre se manifeste d'abord par une faible tache irrégulière d'un jaune d'or (très-facile à observer quand la flamme est loin de la plaque) tache qui passe bientôt au jaune orangé : puis on voit se produire au centre un petit cercle rouge, de quelques millimètres de

[1] Lorsqu'on met le jet de flamme sous une plaque métallique froide, on voit se former, dans la direction du dard (que la flamme soit à distance ou au contact de la plaque) un cercle brillant où le métal est mis à nu, le reste étant couvert d'un léger voile d'humidité toujours adhérent à la plaque même sèche mais non chaude. Ce voile augmente rapidement de diamètre et envahit bientôt toute la plaque. C'est à la production de ce cercle qu'on reconnaît si le jet est bien ou mal placé par rapport au centre de la plaque. A la première impression de chaleur il est encore temps de déplacer la lampe sans inconvénient, si la flamme est basse; plus tard, cela ferait tache; quand la plaque est chaude on n'a plus l'avantage de cette indication.

diamètre, lequel s'accroît rapidement et change bientôt en couronnes circulaires les nuances précédentes. A son tour, ce cercle rouge devient couronne, par la naissance, à son centre, d'un petit cercle violet, qui lui-même est bientôt remplacé par d'autres successivement bleu et blanc. La source de chaleur, continuant son action régulière, donne lieu de la même façon à de nouvelles séries de couronnes jaunes, rouges, bleues, vertes, etc., dans lesquelles les couleurs se succèdent dans le même ordre, mais où le nombre des nuances diminue, ainsi que leur vivacité. Lorsqu'on retire la source de chaleur, la formation des zones colorées se continue encore durant quelques secondes (selon l'épaisseur de la plaque) et l'on voit les ondes concentriques analogues à des vagues se poursuivant l'une l'autre, envahir quelquefois le reste de l'espace qui leur est offert et même pousser dehors une ou deux teintes extrêmes. Quand le phénomène a pris fin et que le développement a été complet (ce qui est rare sur une même plaque [1]), les couleurs sont définitivement fixées dans l'ordre suivant :

Jaune d'or, jaune orangé, rouge carmin, violet, bleu, blanc (couleurs très-vives pouvant envahir successivement toute la plaque);

Jaune, rouge, bleu, vert (couleurs vives, zones étroites);

Jaune, rose, bleu, vert (couleurs assez vives, zones très-resserrées);

Rose, bleu (couleurs de plus en plus pâles);

Rose, bleu, etc. (à contours indécis).

[1] Le tableau suivant résulte d'observations nombreuses faites sur plus de vingt plaques différentes.

Le centre peut prendre toutes les nuances, suivant la phase terminale; il peut même être blanc ou noir.

Si l'on opère lentement, avec un faible jet de flamme éloigné de la plaque de 3 à 5 centimètres, les couronnes centrales ainsi formées sont quelquefois plus nettes mais moins nombreuses qu'en employant une flamme longue, complète, dont la pointe blanche légèrement désoxydante atteint un peu le métal et y forme un petit cercle d'un centimètre de diamètre où le cuivre est mis à nu.

Par ce dernier moyen, si la plaque est polie sur les deux faces, on obtient à la fois des anneaux colorés en dessus et en dessous, pourvu que la plaque soit mince et la source de chaleur convenablement ménagée. Si, dans ce cas, on sacrifie les premières couronnes qui sont jetées hors de la plaque ou deviennent irrégulières, les suivantes, ordinairement nombreuses, ont un caractère particulier de douceur qui est parfois d'un bel effet.

Entre ces deux cas extrêmes, on conçoit qu'il est possible d'obtenir des effets intermédiaires se rapprochant plus ou moins des résultats de l'un ou de l'autre mode d'expérimentation. Mais les particularités du phénomène seront examinées plus loin; nous devons auparavant décrire les anneaux colorés obtenus par voie thermique.

La durée d'une opération varie nécessairement en sens inverse de l'épaisseur de la plaque soumise à l'expérience. Si l'on opère sur une feuille de clinquant, il suffit de la présenter à la flamme durant une seconde à peine pour la couvrir d'anneaux colorés de $0^{m},04$ à $0^{m},05$ de diamètre. Une plaque de $0^{mm},4$ à $0^{mm},8$ d'épaisseur demande moins d'une minute avec une flamme longue

et touchant sa surface; tandis qu'avec une flamme courte et tenue éloignée, il faut cinq à dix minutes pour produire plusieurs anneaux colorés; à plus forte raison si la plaque a 1^{mm} ou 2^{mm} d'épaisseur.

Lorsqu'une plaque n'a pas produit d'effets assez intéressants pour être conservés, on peut la faire servir à une nouvelle expérience en la plongeant durant quelques secondes dans l'acide azotique très-étendu, qui enlève les teintes thermiques de sa surface dans l'ordre où elles se sont formées; c'est-à-dire que les nuances périphériques disparaissent les premières, à la simple immersion; tandis que celles du centre, provenant d'une action calorifique vive et prolongée, persistent quelquefois d'une manière si fâcheuse que, malgré un polissage énergique au rouge d'Angleterre, la forme des anneaux anciens imprime encore son ombre, pour ainsi dire, à travers les nouveaux et nuit à leur netteté; aussi convient-il alors, de soumettre la plaque au brunissage qui fait disparaître tous ces voiles.

Description des anneaux colorés thermiques.

Nous avons vu précédemment dans quel ordre les teintes diversement colorées naissent et sortent du centre ou foyer thermique, se développent et grandissent sans cesse, comme les ondes d'un liquide dont on agite un point de la surface.

Pour classer en anneaux cette série indéfinie de nuances diverses, nous ferons d'abord remarquer que ces couleurs se répètent, sinon périodiquement, du moins dans un ordre qui n'est jamais interverti. Cet ordre complet est le suivant :

Jaune d'or, jaune orangé, rouge, violet, bleu, vert, blanc, seulement une ou plusieurs teintes peuvent manquer dans une même couronne.

Nous regarderons donc comme constituant le *premier anneau thermique* l'ensemble des teintes commençant par celle qui a pris naissance la première sous le jet de feu, le jaune d'or, et se terminant au blanc.

Le premier anneau thermique contient donc toutes les nuances de la série précitée, excepté le vert. Le second anneau commencera à la deuxième teinte jaune, pour finir au bleu suivant. Ici, le violet manque ainsi que le blanc. Le troisième sera composé de nuances semblables et en même nombre que celles du second. Le quatrième et les suivants, rarement réalisés, ne contiennent plus que deux couleurs.

Ainsi les anneaux thermiques sont formés de zones circulaires, concentriques, dont les teintes sont distribuées de la manière suivante :

1er ANNEAU (extérieur) : *jaune d'or, jaune orangé, rouge, violet, bleu, blanc.*
2e ANNEAU (le plus beau) : *jaune, rouge, bleu, vert.*
3e ANNEAU (rare) : *jaune, rose, bleu, vert.*
4e ANNEAU (très-rare) : *rose, bleu.*
5e ANNEAU (très-rare) : *rose, bleu,* etc.

On a dû remarquer que je compte les anneaux colorés thermiques, dans un ordre inverse de celui qu'on adopte pour les anneaux de Newton, et que je prends le jaune pour point de départ; voici les raisons qui ont motivé ces changements.

Les anneaux de Newton se comptent à partir du centre commun, parce que les plus apparents de ces anneaux

sont les plus voisins du centre et que les autres s'étendent extérieurement sans limite définie, limite variable d'ailleurs avec le procédé employé pour les observer, prisme, verres colorés, etc.

Dans les anneaux thermiques, ce sont, au contraire, les couronnes extérieures qui sont les plus apparentes, les plus nettes et les premières formées, tandis que les franges centrales sont les moins définies et les moins apparentes.

Les nuances des anneaux de Newton se comptent dans leur ordre de réfrangibilité, du violet au rouge.

Pour les anneaux thermiques il était rationnel de commencer par la couleur qui se produit la première sous l'action calorifique; et cette nuance est le jaune, qui se maintient d'ailleurs première dans la course de ces espèces de vagues irisées qui tendent à envahir toute la plaque métallique sur laquelle on opère.

Dimension des anneaux et largeur relative des zones.

La grandeur absolue des anneaux produits par voie thermique, varie dans des proportions beaucoup plus considérables que celles des anneaux de Newton.

Il n'y a pour ainsi dire ni maximum ni minimum dans les anneaux thermiques. Les limites que les cercles peuvent atteindre dépendent de la largeur du dard, de la distance de la flamme à la plaque métallique et de l'activité de la source de chaleur. Mais on obtient à l'aide du chalumeau à bouche et de la flamme de la lampe à alcool, des anneaux presque microscopiques de 2^{mm} de diamètre sur feuille de clinquant; d'autre part, avec une source de chaleur suffisamment puissante et

une plaque d'épaisseur convenable, on peut produire des anneaux qui occupent une étendue de plus de 30 centimètres de diamètre [1].

Le premier anneau est susceptible de prendre un grand développement, comme nous venons de le dire; le second anneau ne peut guère dépasser 8 à 10 centimètres de diamètre; le troisième n'atteint pas cette limite même en sacrifiant les deux premiers anneaux; les nuances deviennent confuses; à plus forte raison n'est-il pas possible de donner aux anneaux d'ordre supérieur des développements analogues. D'ailleurs, en prolongeant l'expérience, la plaque se couvre de couches d'oxyde opaque et non adhérent, d'une teinte ocreuse.

Sous le rapport de la netteté des contours, il est rare que le premier anneau soit circulaire et à bords nets, pour peu qu'on attende son développement sur un diamètre de 5 à 6 centimètres. Le second anneau s'obtient au contraire assez facilement et bien circulaire : c'est le plus beau. Le troisième et les suivants surtout manquent de netteté et de régularité dans la forme (contour et largeur).

Lorsque trois ou quatre anneaux sont développés sur la même plaque, on remarque une différence très-grande entre la largeur de chaque nuance dans les différents anneaux. Ainsi, le jaune qui est très-développé à l'extérieur des premiers anneaux, l'est peu dans le second, et devient presque invisible dans le troisième. Le vert manque dans le premier, présente son maximum de développement et d'éclat dans le deuxième; on le voit en-

[1] Lorsqu'on tient la plaque métallique verticale dans une flamme qui la coupe en deux parties, on forme des irisations d'une étendue correspondant à la longueur de cette flamme elle-même.

core dans le troisième, mais il disparaît dans les suivants. Le blanc qui dans le premier anneau acquiert quelquefois un développement considérable, se retrouve à peine dans le second, et reste absent dans les suivants.

L'étendue relative que chaque couleur occupe dans un anneau d'ordre déterminé, est à peu près la même pour des plaques d'épaisseurs analogues et dans des conditions de chaleur peu différentes. Mais quand on compare sous ce rapport les couleurs de deux anneaux de même ordre obtenus par les deux procédés extrêmes qui ont été indiqués précédemment, on trouve alors des différences très-notables, pouvant aller du simple au double.

Sur les plaques bien polies, le vert acquiert un grand éclat, en opérant vivement avec une flamme élevée; dans les autres cas, cette couleur se montre à peine, elle est effacée par le bleu.

Il est à remarquer, au sujet de l'éclat des teintes, que si la plaque a son premier bruni, les teintes produites par voie thermique se rapprochent plus des couleurs des anneaux de Newton, que quand la plaque a déjà servi, c'est-à-dire après avoir été décapée à nouveau et reçu seulement le poli au rouge d'Angleterre et à la peau.

Une expérience qui fait bien ressortir l'influence du bruni sur l'éclat des anneaux thermiques, consiste à brunir seulement une moitié de la plaque et à laisser l'autre moitié mate; le contraste est frappant; l'effet est tout à l'avantage du côté bruni où les couleurs sont non-seulement d'un éclat plus vif, mais développé en zones plus larges.

LARGEUR DES ZONES, DIAMÈTRES DES NUANCES ET DES ANNEAUX.

(*Plaque de* 25 *centimètres de côté et* $0^{mm},5$ *d'épaisseur*).

		Largeur des zones.	Diamètres des nuances.	Diamètres des anneaux.
		mm.	mm.	
1er anneau.....	jaune paille .	14.0	229.4	229.4 mm.
	jaune orangé.	19.5	201.4	
	rouge.....	18.5	162.4	
	violet.....	2.8	125.4	
	bleu.....	5.5	119.8	
	blanc.....	7.0	108.8	
2e anneau.....	jaune.....	7.0	94.8	94.8
	rouge.....	3.6	80.8	
	bleu..... ..	0.8	73.6	
	vert.....	1.2	72.0	
3e anneau.....	jaune.....	4.1	69.6	69.6
	rose.....	14.0	61.4	
Centre, nuance confuse.....		16.7	16.7	
Somme des largeurs ou rayon extérieur.....		114.7		
Diamètre total.....		$229^{mm}.4$	(Fig. 1.)	

Plaque de $2^{mm},5$ *d'épaisseur.*

		Largeur.	Diamètre.
		mm.	
1er anneau.....	jaune.....	16	192.4 mm.
	rouge.....	15.1	
	bleu..	25.4	
	blanc.....	15.0	
2e anneau.....	jaune.....	5.2	79.4
	orangé.....	3	
	rouge.....	5	
	bleu.....	4.0	
3e anneau.....	jaune.....	1.5	15
	rose (central).....	6.0	
Somme des largeurs.....		96.2	
Diamètre total.....		192.4	

Analogie entre les anneaux thermiques et ceux de Nobili ou de Newton.

Les anneaux colorés thermiques sont tout-à-fait analogues aux anneaux obtenus par voie électro-chimique (anneaux de Nobili et de Becquerel). On les distinguerait même difficilement les uns des autres lorsqu'ils ont de petites dimensions : mêmes couleurs, même éclat, même intensité dans les nuances; le flux thermique, comme le flux électrique, entraîne avec lui les oxydes d'une extrême minceur qui, en se superposant, produisent des dépôts transparents, d'épaisseur croissante, donnant lieu aux belles irisations observées.

D'autre part, on sait que l'ordre des couleurs des anneaux électro-chimiques est le même que celui des anneaux de Newton vus *par transmission*, lesquelles sont, comme on sait, pour un même point, complémentaires de celles des anneaux vus *par réflexion*. Les anneaux thermiques ayant même cause que les anneaux électriques, c'est-à-dire étant dus à des dépôts d'oxydes en lames très-minces, devaient présenter le même ordre de couleurs que les anneaux de Nobili; c'est aussi ce que l'expérience a vérifié.

Autre analogie : lorsqu'on regarde les anneaux de Newton à l'aide d'un verre rouge ou violet, on compte facilement un bien plus grand nombre d'anneaux qu'à l'œil nu. Avec le verre rouge, les anneaux paraissent un peu plus espacés, et avec le violet, plus resserrés que quand on les observe sans verre. On rend le fait plus frappant lorsqu'on juxtapose les deux verres et qu'on les place de manière à ce que leur ligne de sépa-

ration coïncide avec un diamètre des anneaux, ou mieux lorsqu'on laisse entre les verres une petite distance : on voit alors, dans cet intervalle, une partie des anneaux avec leur graudeur naturelle, tandis que du côté du verre rouge, ils paraissent dilatés, et du côté du verre violet, ils semblent contractés.

Il en est à peu près de même avec les anneaux thermiques. En employant un verre rouge, on exalte, on renforce la nuance rouge qui caractérise les anneaux d'ordre supérieur au second, et l'on en distingue facilement jusqu'à six sur une même plaque où la cinquième était presque invisible à l'œil nu. Le verre violet, loin de renforcer en teintes, les atténue au contraire, et devient, par suite, défavorable à l'observation.

Couleurs changeantes des anneaux thermiques.

Les anneaux thermiques présentent, comparativement à ceux de Newton, une différence caractéristique :

On ne voit de changement dans ces derniers, ou plutôt de déplacement des anneaux, qu'autant que la lumière réfléchie sur l'appareil arrive plus ou moins obliquement à l'œil de l'observateur, par suite de la position qu'il occupe ou par le déplacement de l'appareil. Ces anneaux semblent tous sortir d'un centre commun et se développer à mesure que l'obliquité des rayons lumineux augmente.

Les anneaux thermiques changent, non de grandeur, mais de couleur, et une fois pour toutes, quelle que soit l'obliquité des rayons réfléchis, quand l'observateur change de place. Il suffit, pour voir ces deux effets

successifs, de regarder les anneaux d'abord par *réflexion directe* ou spéculaire, puis par *réflexion diffuse* ordinaire. On voit dans le second cas, à l'endroit des *teintes primitives*, les *nuances complémentaires ;* le jaune, le rouge, le bleu, le vert sont remplacés respectivement par le violet, le vert, le bleu et le rouge (fig. 2). Ce sont les nuances rouge et verte du second anneau qui donnent les plus belles teintes complémentaires.

Le phénomène est rendu plus frappant quand, l'œil restant en position de voir les nuances complémentaires, on dispose convenablement, près de la plaque, une feuille de papier blanc qui en éclaire seulement une moitié; on voit alors les anneaux, dans le premier demi-cercle (voisin du papier blanc), avec les teintes primitives, et dans le second, avec les teintes complémentaires qui correspondent exactement aux premières. Réciproquement, l'œil étant en position de voir les teintes primitives, si l'on dispose convenablement du côté où la lumière arrive, un papier noir mat ou une étoffe noire, on peut voir les couleurs complémentaires. Si le centre est noirâtre ou blanc, ce qui arrive assez fréquemment, et que la ligne de démarcation lumineuse soit un diamètre commun des anneaux, ce centre présentera un demi-cercle blanchâtre et un demi-cercle noir.

Avec des papiers de différentes teintes, on observe des nuances modifiées par la couleur de la lumière monochromatique réfléchie ou transmise. En particulier, le papier rose donne aux anneaux vus ainsi par réflexion ou par transmission, une belle teinte générale tirant sur le violet et qui est d'un agréable effet.

D'autre part, les anneaux colorés observés à la lumière tamisée à travers un papier blanc ou teinté, très-mince

(ou un verre coloré), ne donne pas lieu à des nuances changeantes, dans quelque direction qu'on les observe.

Toutes les zones d'un même système d'anneaux ne sont pas également favorables à la production des couleurs complémentaires : ainsi, les nuances périphériques, résultant de lames très-minces d'oxyde de cuivre, ne manifestent aucun changement par réflexion diffuse. C'est ce qui arrive aussi aux irisations sur clinquant ou sur feuille mince. Il faut donc que les couches d'oxydes aient une certaine épaisseur pour produire le phénomène des couleurs complémentaires ; aussi, ce n'est qu'à partir du jaune du second anneau que les teintes changeantes prennent un éclat qui va ordinairement en croissant jusqu'au centre des anneaux.

Les anneaux thermiques, vus sous leurs couleurs complémentaires, présentent généralement moins d'éclat que les teintes primitives. Cependant, il n'est pas rare de voir le rouge du deuxième anneau offrir une nuance d'un vert très-vif, et le vert de la même couronne être remplacé par un rouge éclatant. Sous ce rapport, ils diffèrent des anneaux de Newton vus par transmission, lesquels sont toujours beaucoup plus pâles que les anneaux vus par réflexion.

Une autre différence à noter ici, c'est que dans le premier anneau thermique, il y a une zone blanche très-large qui ne se répète pas dans les couronnes suivantes, et qui ne se voit pas dans les anneaux de Newton.

Images subjectives des anneaux colorés thermiques.

Les anneaux colorés thermiques sont très-curieux à observer en images subjectives. On sait que si l'on regarde fixement durant une demi-minute ou plus, un objet bien éclairé et qu'on reporte ensuite ses regards sur une feuille de papier ou sur un plafond blanc, on voit l'image de cet objet (de grandeur naturelle, ou agrandie selon que la distance du plan de projection est égale à celle de l'objet à l'œil ou plus grande) mais avec des teintes complémentaires : si l'objet est blanc on le voit noir en image subjective, s'il est noir on le voit blanc; s'il est coloré en rouge, orangé, jaune, vert, bleu ou violet, on le voit respectivement vert, bleu, violet, rouge, orangé ou jaune. Par conséquent, les anneaux thermiques vus par réflexion directe, sont vus, en images subjectives, avec leurs teintes complémentaires nettement caractérisées, mais fugitives, comme ces sortes d'impressions visuelles. Réciproquement, si l'on regarde les anneaux par réflexion diffuse, on voit les images subjectives avec les teintes primitives. — Ajoutons ici quelques remarques relatives aux analogies et différences qui existent entre les anneaux thermiques et les anneaux électro-chimiques. On sait que pour obtenir des teintes uniformes sur plaques métalliques, par le procédé électro-chimique, il faut promener l'extrémité du fil de platine, pôle positif, sur les divers points de la plaque qui passe alors successivement par différentes teintes, toujours dans le même ordre. On arrête l'opération quand on est arrivé à la nuance déci-

rée, après avoir passé par toutes les nuances intermédiaires.

On peut agir d'une manière analogue pour obtenir des teintes uniformes par le procédé thermique. On promène une large flamme oxydante, rapidement sur toute la surface à recouvrir; on voit alors la plaque métallique prendre successivement différentes teintes, dans l'ordre précédemment indiqué, et l'on continue à chauffer ainsi uniformément jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la teinte désirée.

Les irisations électro-chimiques changent de nuances (deviennent complémentaires), quand la couche de peroxyde de plomb est suffisamment épaisse, et qu'on les regarde successivement par réflexion directe et par réflexion diffuse, comme les anneaux thermiques.

Les colorations thermiques se distinguent des irisations électro-chimiques en ce que le centre d'action a plus d'étendue, et que, par suite, ce point est moins bien déterminé. Lorsque la flamme agit de loin sur la plaque de cuivre et qu'elle se termine par un mince filet, on se rapproche alors du procédé chimique et l'on voit au centre les nuances se succéder avec d'autant plus de lenteur que la source calorique est moins intense.

Constatons enfin une dernière différence entre les anneaux thermiques et les anneaux électro-chimiques : Les premiers sont formés comme des ondes qui s'éloignent plus ou moins rapidement du centre; les couches périphériques fuyant devant les autres qui naissent du foyer calorifique, ne changent pas de teintes; les seconds sont formés de nuances qui se superposent successivement, ce qui change à chaque instant les teintes [illegible]uites vers la périphérie.

Résultats divers.

On peut développer des anneaux thermiques sur les plaques les plus épaisses comme sur les plus minces; seulement, dans le premier cas, il faut une forte source de chaleur en activité pendant un temps assez long, tandis que dans le second cas on n'a besoin que d'une faible flamme appliquée durant quelques secondes.

Les plaques épaisses de 2^{mm} et plus donnent, surtout à la flamme légèrement désoxydante, de très-belles nuances centrales, où le bleu, le vert, le jaune et le rouge ont un grand éclat et présentent, à la lumière réfléchie diffusément, des teintes complémentaires très-vives.

Les plaques minces donnent de belles nuances périphériques, mais le centre est toujours confus et ordinairement formé d'une couche d'oxyde rougeâtre peu adhérente si l'expérience se prolonge durant plus de deux ou trois secondes. Les deux ou trois anneaux, seuls réalisables sur les feuilles minces de clinquant, ne donnent jamais lieu aux teintes complémentaires. On ne remarque dans le premier ni bleu, ni violet; le second est formé de jaune, rouge, bleu et vert; le troisième, qu'on rencontre assez rarement, possède les mêmes nuances que le second.

En général, les couleurs des anneaux colorés thermiques sont d'autant plus vives que la plaque est plus mince et mieux polie; mais le nombre des anneaux augmente en général, avec l'épaisseur de la plaque.

L'épaisseur la plus convenable pour des expériences de cette nature est celle de $0^{mm},8$ à 1^{mm}. On obtient alors, avec des plaques carrées, de 15 à 20 centimètres de côté, différents effets, selon l'activité de la source calorifique et la partie de la flamme qui touche la plaque; tantôt, c'est le second anneau qui occupe la majeure partie de cette plaque, tandis que les nuances extrêmes du premier anneau l'ont déjà débordée; tantôt, ce sont de petits anneaux d'un à deux centimètres de diamètre et même moins qui se présentent avec une assez grande régularité; tantôt enfin, on sacrifie la partie centrale pour développer les second et troisième anneaux, car il est impossible de réunir sur une même plaque tous les effets de coloration qu'on peut produire par voie thermique.

Nous venons de dire que les anneaux thermiques pouvaient prendre d'autant plus de développement que la plaque sur laquelle on opérait était plus épaisse. Pour éviter l'emploi de plaques pesantes, coûteuses par conséquent, on peut obtenir, avec une plaque mince, des résultats qui approchent de ceux des lames épaisses, en appliquant bien exactement celle qui est mise en expérience contre une autre plaque de fer ou de fonte, elle-même très-épaisse; ou bien en employant à la fois plusieurs plaques de cuivre minces, superposées et bien serrées; la conductibilité du métal, en ralentissant la production des anneaux, rétablit les conditions des plaques épaisses.

En chauffant une plaque de cuivre à l'envers, c'est-à-dire la face polie en dessus et la flamme en dessous, on obtient deux résultats assez différents, selon l'intensité de la source calorifique. Si la plaque est assez distante et

si l'on chauffe faiblement, il se produit, sur la face supérieure brunie, des anneaux généralement assez nombreux, plus pâles que par voie directe, cependant assez distincts. Le premier est ordinairement sacrifié ; il envahit toute la plaque de 10 centimètres, et déborde même sur plusieurs côtés; mais on voit les second, troisième, quatrième et même cinquième anneaux.

D'autre part, si la flamme a été vive, si l'on a soufflé assez fort, il se forme sur la face polie, vers le centre chauffé, un oxyde rougeâtre, non adhérent, qu'on peut facilement recueillir. En le frottant sur du papier blanc, il prend une teinte ocreuse rougeâtre.

Nous avons vu précédemment, qu'après le retrait de la source de chaleur, surtout si elle a été vive, les anneaux continuaient encore à se développer durant quelques secondes; nous devons ajouter que, dans le cas particulier qui vient d'être cité, où le poli de la plaque est en dessus et la flamme en dessous, on peut très-facilement observer le phénomène consécutif des couronnes se déroulant comme des vagues, qui vont parfois jusqu'aux bords de la plaque. Lorsqu'on chauffe dans le voisinage d'anneaux déjà formés, on voit, en retirant subitement la flamme, les anneaux se rejoindre, se couper, les couleurs se mêler et changer respectivement leurs teintes dans cette superposition.

En soumettant une plaque de cuivre épaisse à la flamme désoxydante , et la retirant subitement, on voit, à la place qu'occupait cette flamme, des teintes violettes, bleues ou rouges très-belles, mais fugitives. Elles sont généralement remplacées, en se reproduisant par des nuances différentes, moins riches de ton.

Des effets analogues s'obtiennent aussi avec la flamme à alcool sur une feuille mince de cuivre, quand on retire rapidement ce clinquant et qu'on se hâte de souffler dessus pour le refroidir plus vite. On arrive souvent à conserver, avec tout son éclat, une de ces belles teintes. Selon la phase terminale et la rapidité du refroidissement, on obtient un cercle bleu, rouge ou vert très-vif [1]. En trempant subitement la feuille métallique dans l'eau, on obtient d'autres teintes, moins belles. Toutefois, quand le liquide s'est évaporé, ces teintes ont repris de leur vivacité première. (Le violet paraît orangé étant mouillé d'eau.)

Si l'on examine à la loupe la structure de ces dépôts adhérents de bioxyde de cuivre, qui donnent les teintes dont nous avons parlé, on y voit une sorte de pointillé très-fin, analogue à celui qu'emploient les peintres en portraits miniatures.

— Des expériences ont été faites avec la flamme du gaz *hydrogène* produite à l'extrémité d'un tube effilé. La coloration des plaques a eu lieu comme avec la flamme

[1] Pour montrer expérimentalement que la partie intérieure de la flamme d'une bougie est *désoxydante*, on y plonge une petite feuille de clinquant. Il se forme en dehors de la flamme et jusqu'à une certaine distance, quatre ou cinq zones colorées; puis le métal reprend sa couleur rose de cuivre pur au milieu de la flamme. En déplaçant un peu celle-ci on voit des oxydes de diverses teintes se former, puis s'évanouir quand la flamme revient à sa première position ou lorsqu'on l'éloigne définitivement. On peut ainsi avec une petite lame de cuivre très-étroite, ou avec un fil de même métal, explorer les divers points d'une flamme pour savoir celles qui sont plus ou moins oxydantes ou désoxydantes. On trouve de cette manière, qu'à la base ou elle est bleue (dans la bougie) la flamme est fortement désoxydante (oxyde de carbone), que vers le milieu elle est désoxydante jusqu'à la pointe blanche, et que dans le reste du pourtour elle est oxydante.

de la lampe à alcool, sans présenter rien de particulier qui méritât d'être relaté.

Si l'on ne peut obtenir dans une seule et même expérience tous les divers effets de coloration thermique possibles sur le cuivre poli, on peut du moins reproduire sur une même plaque toutes les phases du phénomène relatif à cette plaque, depuis la simple tache jaune, premier effet de la chaleur, jusqu'au développement des anneaux complets de divers ordres; mais il faut avoir soin, avant de passer d'une expérience à l'autre, de laisser refroidir la plaque sur laquelle on a opéré.

J'ajouterai enfin, aux remarques précédentes, qu'il est possible, avec un jet de flamme étroit, de produire sur le cuivre des lettres très-apparentes et d'un assez bel effet.

Teintes uniformes.

Il est facile de comprendre, d'après ce qui précède, comment on peut obtenir, en teinte uniforme, sur toute la plaque métallique, l'une quelconque des nuances qui se produisent successivement, dans un même ordre, sous l'action de la chaleur. En employant la large flamme bleue d'un bec de Bunsen et en promenant au-dessus d'elle une plaque de cuivre, même la plus grande (20 centimètres de longueur et 15 de largeur), on obtient d'abord la teinte jaune d'or, qu'il faut commencer par rendre uniforme dans toute l'étendue de la surface à recouvrir; vient ensuite la nuance orangée qu'on répand de même en teinte plate, et en continuant ainsi, avec précaution, on obtiendrait le rouge, le violet,

le bleu, le blanc du premier anneau. Pour arriver au vert, qui est la dernière couleur du second anneau, il faudrait passer par toutes les teintes intermédiaires dans l'ordre où elles se sont succédées sous le jet de flamme fixe, ce qui n'est pas sans difficulté.

On peut ainsi réaliser sur le cuivre, par voie thermique, une *gamme chromatique* complète des couleurs du prisme, et même le blanc et le noir.

Toutes ces couleurs, une fois fixées sur le métal par voie thermique, sont généralement très-solides et paraissent inaltérables à l'air. Il n'est pas question ici de ces couches d'oxyde non adhérentes qui se forment au centre des anneaux sous l'action d'une flamme vive, oxydante et longtemps prolongée ; celles-là, on peut les enlever facilement avec le doigt et même les déposer sur du papier blanc où elles conservent leurs teintes rougeâtres primitives.

Toutefois, pour préserver des émanations acides les couleurs fixes, on peut employer un de ces vernis transparents usités pour recouvrir les métaux, ou celui que M. Becquerel a indiqué pour préserver les dépôts de proxyde de plomb, obtenus par voie électrique, sur l'or, l'argent, le platine, etc. (vernis à l'huile de lin qu'on a fait bouillir longtemps sur la litharge afin de la saturer d'oxyde de plomb et la rendre inoxydable à l'air). Il est vrai que ce vernis fait disparaître une ou deux teintes et diminue un peu l'éclat de plusieurs autres.

Une mince couche de cire ou de collodion peut aussi être appliquée avec succès sur les anneaux colorés thermiques sans leur enlever beaucoup de leur éclat.

— La *partie théorique* du phénomène des anneaux thermiques se réduira aux deux points suivants, car

tout est connu et expliqué dans ces sortes de colorations : la nature chimique des anneaux et leurs teintes.

L'action de la chaleur sur le cuivre a pour effet d'oxyder sa surface avec d'autant plus d'énergie que la température est plus élevée. Les dépôts successifs que forment, en se superposant, les lames minces, transparentes, donnant lieu aux différentes couleurs observées, ne sont donc formés que d'oxyde de cuivre. Quand la source calorifique est trop énergique, ces couches s'épaississent, perdent leur transparence et même leur adhérence, et l'on n'a plus que des dépôts pulvérulents. Lorsqu'on fait intervenir la flamme désoxydante, le métal est mis à nu aux points touchés par elle; mais dès qu'on la retire, ces points s'oxydent à l'air à cause de la haute température qu'ils possèdent encore; de là les teintes successives que prend en ce cas, le centre des anneaux.

Les anneaux colorés par voie thermique n'ont pas la régularité parfaite des anneaux de Newton, et par cette raison ne peuvent se prêter à des mesures exactes. C'est surtout par la largeur des zones qu'ils se distinguent. Le second anneau cependant est assez régulier, c'est le plus beau, comme le deuxième des anneaux de Newton.

Le troisième présente quelquefois assez de régularité dans la forme et d'égalité dans chaque teinte d'une même zone.

D'ailleurs ces anneaux étant analogues à ceux qu'on développe par voie électro-chimique, lesquels ont été étudiés et reconnus identiques à ceux de Newton vus par transmission, il en résulte qu'il est inutile de nous

occuper de la partie théorique relative à l'explication des anneaux thermiques.

Je dirai seulement que toutes les couleurs dont il a été question précédemment s'expliquent, comme les anneaux de Newton, par l'interférence des ondes lumineuses réfléchies sur les deux surfaces : ici, celle de la plaque polie formant le fond et celle de la couche mince et transparente d'oxyde de cuivre. Les couleurs complémentaires résultent (comme celles des anneaux de Newton, vus par transmission, et celles des anneaux de Nobili, quand ils sont formés par des dépôts suffisamment épais), d'une seconde réflexion sur la surface oxydée.

Lorsque la lumière a été tamisée à travers une feuille de papier mince, ou réfléchie par une surface moins éclairante que la lumière directe, alors les anneaux produits par une réflexion sont seuls visibles, la lumière, après deux réflexions, étant trop faible pour permettre de voir les teintes complémentaires dans cette condition.

II.

ANNEAUX COLORÉS THERMIQUES PRODUITS SUR DIVERS MÉTAUX.

Après avoir expérimenté sur le cuivre, qui donne les plus beaux anneaux thermiques, j'ai essayé d'en produire sur d'autres métaux [1]. C'est le résultat de ces recherches

[1] On sait que l'acier trempé présente au recuit des teintes variées d'autres métaux se colorent par l'action de la chaleur; mais

qu'il me reste à exposer succinctement, car il n'est pas nécessaire maintenant d'entrer dans des détails particuliers pour chaque métal, ceux qui précèdent nous en dispensent.

Le phénomène des anneaux colorés thermiques résultant de l'oxydation du métal sous l'influence de l'élévation de température en présence de l'air, il est évident que les métaux inoxydables par la chaleur, tels que le platine, l'or pur, ne peuvent produire ici aucune irisation. Certains autres, oxydables d'ailleurs, zinc, aluminium, etc., ne donnent pas d'anneaux colorés thermiques pour d'autres causes, par exemple le défaut de transparence de leurs oxydes en couches minces ; quelques-uns, tels que l'étain, le bismuth, le plomb, ne s'oxydant qu'à des températures supérieures à leurs points de fusion respectifs, ne se prêtent pas non plus à la production d'anneaux colorés.

Parmi les métaux et alliages qui donnent lieu au phénomène dont il est question, je citerai : le *laiton*, le *bronze*, le *maillechort*, le *fer-blanc*, la *fonte blanche*, l'*acier*.

Description des anneaux colorés thermiques sur divers métaux.

1° *Laiton.* Nous avons vu que, sur le cuivre, une faible flamme, tenue assez loin, produit des anneaux

on n'a point produit, que je sache, d'anneaux colorés, par voie thermique, même sur l'acier, par une méthode quelconque. Le procédé qui a été décrit dans la première partie et qui va être appliqué à des métaux divers dans cette seconde partie, est donc nouveau.

colorés très-beaux ; avec le laiton une telle flamme est impuissante à produire de belles zones irisées ; il faut ici que la flamme soit vive et de plus que sa partie désoxydante touche la plaque métallique. C'est pour cette raison, sans doute, que la flamme de la lampe à alcool est d'un emploi favorable en cette circonstance.

Les anneaux thermiques formés sur le laiton diffèrent de ceux qu'on produit sur le cuivre, non-seulement par leurs dimensions et la largeur de leurs zones qui sont beaucoup moindres, mais encore par leur aspect, par leur ton général où la couleur dominante est le jaune d'or, puis le rouge violacé ; le bleu et le vert y sont ordinairement moins développés et manquent même quelquefois.

Il résulte de l'examen des anneaux fixés sur une dizaine de plaques de laiton d'épaisseur variant de $0^{mm},2$ à $0^{mm},5$ que les nuances se montrent dans l'ordre suivant :

1er ANNEAU (très-développé) : *jaune clair, jaune d'or, orangé rouge, violet, bleu, blanc* (cette dernière nuance étant la plus développée) ;

2e ANNEAU (le plus beau) : *jaune d'or, orangé, rouge, violet et bleu, vert* (couleurs très-vives, aussi belles que sur le cuivre) ;

3e ANNEAU (souvent confus) : *jaune, rose, bleu, vert ;*

4e ANNEAU (très-rare) : *rose, bleu ;*

Centre, de nuances diverses, suivant la période finale et la rapidité du refroidissement qui tient elle-même à

l'épaisseur de la plaque soumise à l'expérience et la vivacité de la flamme.

2° *Maillechort.* On peut produire sur cet alliage plusieurs anneaux colorés, dont le plus beau est toujours le second. Quand on s'applique surtout à développer ce dernier, il prend des teintes très-belles, presque aussi vives qu'avec le cuivre et pouvant donner lieu au phénomène des couleurs complémentaires. L'ordre des nuances est d'ailleurs le même que dans les anneaux sur cuivre et laiton, avec cette différence que le ton général est modifié par la largeur relative des zones et l'éclat plus ou moins diminué de certaines teintes, effets dus nécessairement à la nature de la substance en expérience.

On y voit parfois des couronnes brunes, sépia ou terre de Sienne ; la couleur dominante est le jaune d'or et le rouge ; le bleu a souvent peu d'éclat et le cercle blanc du premier anneau est relativement très-large.

Le centre des anneaux est rose, vert, bleu, ou jaune, suivant les circonstances finales.

Les irisations thermiques sur maillechort sont aussi belles et tout à fait analogues à celles qu'on obtient par voie électro-chimique sur ce métal.

On peut aussi obtenir des teintes uniformes sur des plaques de 10 centimètres et plus de maillechort bruni.

3° *Brome.* La plaque sur laquelle j'ai opéré avait $0^{m},10$ de côté et 3^{mm} d'épaisseur.

Elle a été envahie entièrement par le développement du premier anneau thermique où le bleu était très-pâle, le blanc en zone large, le second anneau assez bien développé ;

1er ANNEAU : *jaune d'or* (belle teinte large), *rouge* assez large, *violet*, *bleu* faible, *blanc* large.

2e ANNEAU : *jaune*, *rouge*, *bleu*, *vert* (à teintes complémentaires).

3e ANNEAU : *jaune*, *rose*, *bleu ;* puis des couronnes confuses, couleur terre de Sienne, centre jaunâtre.

4° *Étain. Bismuth. Plomb.* On connaît les belles nuances irisées qui se produisent sur l'étain en fusion et surchauffé. Ces couleurs ne se manifestent qu'à une température supérieure au point de fusion du métal. C'est pourquoi on ne peut employer la méthode précédemment décrite pour fixer sur l'étain en plaques des anneaux colorés thermiques.

Il en est de même du bismuth et du plomb. Mais on réussit assez bien avec la tôle étamée, bismuthée ou plombée, comme nous allons le voir avec le fer-blanc.

5° *Fer-blanc.* Lorsqu'on applique au fer-blanc le procédé de coloration qui nous occupe, on peut développer sur une feuille carrée de $0^m,10$ de côté un ou deux anneaux colorés dont le premier peut envahir toute la plaque. Ordinairement cet anneau est seul distinct, quelquefois le second est isolé ; mais très-rarement le troisième est visible. Tout le reste, jusqu'au centre, demeure confus, noirâtre, présentant le phénomène des teintes changeantes.

Il se forme toujours, en cette circonstance, un anneau coloré à l'envers du côté chauffé et c'est souvent le plus beau.

Tous les fers-blancs ne donnent pas les mêmes résultats à épaisseurs égales et placés dans des conditions

expérimentales que l'on peut regarder comme sensiblement identiques.

Quand le développement des couronnes irisées a été complet, la nuance qui a pris naissance la première sous l'impression de la chaleur a pu s'étendre en zones de $0^{m},07$ à $0^{m},08$. Avant elle, on remarque quand le phénomène a pris fin, un cercle, non coloré, blanc comme l'étain lui-même, mais d'un éclat plus vif : c'est le *cercle de fusion*.

Nous avons dit précédemment que les irisations sur l'étain ne se produisaient qu'à une température supérieure à celle du point de fusion du métal. C'est ce que l'on voit clairement ici, car le cercle de fusion précède ici toute coloration et s'étend en couronne qui marche en avant de toutes les autres nuances, sous l'action de la flamme, cause première du double phénomène qui s'observe à la fois sur les deux faces de chaque plaque, à l'envers comme à l'endroit.

Voici, à peu près, les largeurs des zones qui se produisent sur une plaque de fer-blanc ordinaire, avec une flamme vive désoxydante :

	Largeur de la zone.	Diamètre extérieur.
Cercle de fusion, blanc brillant. .	$9,^{millim.}$	$84^{mm},4$
Jaune d'or	3,6	67
Rouge	3,4	59,5
Violet.	3,0	52,8
Bleu	2,5	50,0
Blanc.	5,0	42
Gris rosé.	7,0	33
Rose noirâtre (centre).	8,7	17,5
Somme des épaisseurs ou rayons .	42,2	
Diamètre total, extérieur . . .	84,4	

Autre plaque :

ENDROIT : *jaune d'or vif, rose, violet, blanc* (large), *verdâtre, blanc.*

ENVERS : *jaune d'or très-vif, rose violacé, blanc, gris noirâtre.*

Autre :

ENDROIT : *jaune orangé franc, rose, violet, bleu* (ensemble des quatre zones $0^m,01$ de largeur), *vert faible, blanc, gris blanc, noir mat, noir brillant, noir mat* (centre).

ENVERS : mêmes teintes mais plus belles, changeantes.

Autre plaque : les seules couleurs développées sont les suivantes : *bleu, vert, gris blanchâtre.*

L'ordre des couleurs sur le fer-blanc est le même, comme on le voit, que sur les autres métaux précédemment soumis à l'expérience. Mais ici le jaune extérieur est plus doré, en zone plus étroite, le bleu est plus large et le vert manque en général, ce qui donne à ces anneaux un caractère tout différent des autres, caractère auquel contribue aussi le fond blanc de l'étain.

Les nuances centrales surtout, même le noirâtre, donnent lieu aux teintes complémentaires quand on les regarde, comme il a été dit précédemment.

On peut obtenir, sur le fer-blanc, des teintes uniformes sur toute l'étendue d'une plaque de 10 centimètres de côté. C'est surtout le rose violacé qu'on réalise le plus facilement.

Les couleurs irisées qu'on développe sur le fer-blanc sont loin d'avoir la solidité de celles qu'on obtient sur le cuivre et les autres métaux ; elles ne résistent pas pour la plupart au simple frottement avec le doigt.

On peut se demander quelle est la nature du dépôt qui donne lieu ici aux anneaux colorés. Est-ce du protoxyde d'étain, de l'acide stannique ou de l'acide métastannique? Est-il possible que ces trois oxydes se forment successivement dans les circonstances expérimentales que nous connaissons? On pourra en juger par leurs propriétés que nous allons rappeler en quelques mots.

Le protoxyde d'étain anhydre SnO chauffé à l'air se transforme en acide stannique SnO^2,HO.

L'acide stannique SnO^2,HO soumis à une légère chaleur se transforme en acide métastannique Sn^5O^{10} ; chauffé au rouge il se déshydrate complétement et devient indécomposable par la chaleur.

Ainsi, dans notre expérience, il se forme d'abord du protoxyde d'étain anhydre, puis de l'acide métastannique et enfin de l'acide *stannique*, terme final.

Peut-être même que dans les différentes zones colorées, qui ont pris naissance à des températures diverses, y a-t-il de ces deux derniers acides.

6° *Fer et fonte.* Sur la tôle de fer, ou peut compter jusqu'à quatre anneaux colorés thermiques presque exclusivement composés de nuances bleues, c'est-à-dire pour le premier anneau : bleu foncé, bleu pâle, bleu blanchâtre. Le second anneau et les suivants sont formés des mêmes couleurs de moins en moins accusées.

Il en est à peu près de même pour la *fonte grise.* Cependant sur la *fonte blanche* les anneaux sont puls

nuancés ; on y voit un peu de violet et même du rouge, mais pas de jaune bien marqué.

7° *Acier*. Chacun connaît les belles teintes que l'acier prend au recuit. Ces nuances, bien que très-différentes dans leur ensemble de celles qu'on développe sur le cuivre par la voie thermique, n'en suivent pas moins le même ordre de développement. De même que les couches successives composant l'écorce du globe terrestre ne s'intervertissent jamais (ou du moins qu'accidentellement), une couche pouvant être très-épaisse ici, très-mince ailleurs, ou faisant complétement défaut en certains points ; de même dans les nuances thermiques, quoique d'origine très-différente, l'ordre de succession des couronnes est toujours le même sur tous les métaux, mais la largeur des zones et l'état de leurs couleurs dépendant, non-seulement du poli de la plaque métallique, mais encore de la nature de l'oxyde déposé en couches minces et probablement aussi de sa transparence, peuvent présenter sous le rapport du ton général les différences caractéristiques que l'on observe sur les divers métaux.

Ordre des couleurs développées sur l'acier :

1er ANNEAU : *jaune paille, jaune, rouge, violet, bleu vif, blanc* (le bleu domine ici toutes les autres nuances par son éclat et son étendue).

2e ANNEAU : *jaune, rose, bleu, vert* faible.

3e ANNEAU : *rose, bleu.*

4e ANNEAU : *rose pâle, bleu.*

Ces anneaux ont été produits sur une lame d'acier trempé d'environ $0^{mm},4$ d'épaisseur. Il s'en est formé de semblables à l'envers de la face chauffée directement; les dimensions respectives de ces anneaux étaient de

7 cent.	$4^c,2$	$3^c,6$ et	$2^c,1$	(à l'endroit).
6	$2^c,8$	$1^c,2$	$0^c,8$	(à l'envers).

Un autre échantillon a donné trois anneaux ayant respectivement 8 cent. $4^c,5$ $1^c,6$ de diamètre.

Les anneaux formés à l'endroit se couvrent pour la plupart d'une couche d'oxyde brune qui masque tous les anneaux; tandis qu'à l'envers les anneaux correspondants se conservent intacts avec leurs belles nuances.

Toutes ces teintes ne se prêtent pas au phénomène des couleurs complémentaires.

Les nuances que prend l'acier en se recuisant correspondent à des températures qui ont été évaluées, au moins approximativement[1]. Mais on ne sait pas si les températures sont égales pour des nuances identiques et de même ordre sur les différents métaux. Le fait n'est pas certain, puisque les couches d'oxydes qui donnent lieu au phénomène de coloration varient de nature avec le métal soumis à l'expérience. Il est même probable qu'il

[1] Couleurs du recuit de l'acier (d'après Parkes) :

A peine jaune, très-pâle	216°
Entre le jaune pâle et le jaune paille	228
Jaune paille	232
Brun gris	254
Tacheté de pourpre	265
Pourpre	277
Bleu clair	288
Bleu foncé	292
Bleu noir	316

(Pelouze, III. 312).

en est autrement. D'ailleurs, la transparence de l'oxyde déposé et son pouvoir réfringent doivent jouer ici un rôle prédominant.

Rien ne prouve donc que des couches de différents oxydes donnent les mêmes colorations aux mêmes températures, ou que des couches d'égale épaisseur donnent lieu aux mêmes nuances, ces dépôts étant formés de substances de natures différentes.

Le contraire est plus vraisemblable. D'ailleurs, l'expérience démontre que les anneaux colorés ne se développent pas avec la même facilité sur ces différents métaux, ce qui pourrait toutefois s'expliquer par leur plus ou moins grande conductibilité ou leur facilité plus ou moins grande d'oxydation.

En tous cas, c'est au moins un point à éclaircir et dont le résultat pourrait avoir quelque intérêt au point de vue du travail des métaux.

D'autre part, on sait que les nuances que l'acier prend au recuit n'ont pas la même vivacité, suivant que l'opération se fait sous l'influence de la chaleur seule, ou au contact de la flamme du bois, ou de celle de l'huile, du charbon de bois. Dans ce dernier cas la longue flamme produit les plus beaux effets.

Je suis porté à croire, d'après cela, qu'il faut, pour obtenir de belles nuances, une flamme analogue à celle que j'emploie avec la lampe d'émailleur, c'est-à-dire une flamme en partie désoxydante. C'est la lutte entre l'oxydation et la désoxydation qui produit la belle teinte sur le métal mis à nu puis oxydé de nouveau.

Cette remarque pourrait avoir son importance dans la pratique du recuit de l'acier aux différentes sortes de flammes.

Comparaison des anneaux thermiques produits sur les divers métaux soumis à l'expérience.

Lorsqu'on rapproche les uns des autres les anneaux colorés obtenus sur divers métaux, on remarque facilement qu'ils ont chacun un cachet distinctif, un ton général caractéristique. Ce fait tient sans doute à la couleur même du métal qui fait miroir.

On dit que les couleurs des zones dépendent de l'épaisseur des couches et non de la nature des milieux transparents à travers lesquels passent les rayons lumineux qui nous donnent ces apparences. Toutefois, je ferai remarquer que les divers oxydes qui se déposent ainsi en couches minces, oxydes de cuivre, d'étain, de fer, etc., doivent avoir des degrés différents de transparence et de réfrangibilité; et que si l'ordre des nuances est toujours le même, l'étendue relative des zones doit être modifiée avec la nature de l'oxyde.

Il résulte de ce qui précède que les métaux, sur lesquels ont porté nos expériences, se placent dans l'ordre suivant, par la beauté des anneaux qu'on peut développer à leur surface par voie thermique : *Cuivre, bronze, maillechort, laiton, fer-blanc, fonte blanche, acier, fonte grise.*

La couleur propre du métal qui fait le fond de la surface réfléchissante, détermine les nuances prédominantes :

Rouge, avec le cuivre,
Jaune, avec le laiton, le maillechort et le bronze,
Bleue, avec le fer, l'acier.

Il est probable que ce qui fait ici la supériorité du cuivre sur les autres métaux, relativement à l'étendue et à l'éclat des zones colorées, c'est d'une part, la conductibilité du métal, de l'autre, la facilité de son oxydation et de sa désoxydation sous l'influence de la flamme et sans doute aussi la transparence et la réfrangibilité très-grande de son oxyde en couches minces.

III.

ANNEAUX COLORÉS CHIMIQUES.

Le cuivre poli étant extrêmement impressionnable aux vapeurs de certains corps volatils, on peut produire à sa surface des anneaux colorés par un moyen purement chimique, en imitant le procédé employé par voie thermique.

Brome et sulfhydrate d'ammoniaque. Lorsqu'on ouvre un flacon renfermant du *brome*, on voit une vapeur rouge s'en échapper aussitôt. Si l'on incline légèrement le flacon sur une plaque de cuivre, sans cependant y verser du liquide, la vapeur lourde tombe sur le métal et y forme instantanément des irisations très-belles, mais irrégulières, pouvant envahir toute une plaque de 15 à 20 centim. de côté. Il en est de même avec le *sulfhydrate d'ammoniaque*, dont l'action n'est guère moins rapide que celle du brome.

Pour régulariser la marche du phénomène et produire des anneaux colorés assez réguliers, on fixe la plaque horizontalement par un de ses angles, comme s'il s'agissait d'opérer sur elle par voie thermique; mais

le jet de flamme est ici remplacé par un courant de vapeur s'échappant de l'extrémité d'un tube qui pénètre à travers un bouchon dans la partie supérieure du vase contenant le liquide en expérience. Le tube vient presque au contact de la plaque. Au bout de quelques minutes (ou d'un temps plus ou moins long, suivant le diamètre du tube, sa longueur, et la distance de son extrémité à la plaque de cuivre), on voit celle-ci se couvrir d'anneaux colorés ayant pour centre commun l'orifice du tube.

On peut disposer le système en sens inverse, la plaque sous le tube de dégagement qui alors débouche vers le fond du flacon renversé, la partie supérieure où se trouve l'extrémité du tube ne contenant pas de liquide jusqu'à cette hauteur.

On peut encore opérer d'une autre manière plus rapide. La plaque étant déposée au fond d'un cristallisoir, on plonge une baguette de verre dans le brome ou le sulfhydrate d'ammoniaque, on la présente verticalement au milieu de la plaque, et à un ou deux millimètres de distance; les vapeurs descendent sur le cuivre et y produisent immédiatement des anneaux colorés très-vifs où le bleu et le violet dominent quand on a employé le sulfhydrate, tandis qu'avec le brome, il y a plus de rouge et de jaune, ce qui donne à ces deux sortes d'anneaux colorés un cachet particulier qui permet de les distinguer à la simple vue.

Enfin, une petite goutte du liquide en expérience déposée sur la plaque métallique y produit un effet plus durable.

Il faut, dans tous les cas, éviter soigneusement les courants d'air, si l'on veut avoir des couronnes bien cir[illegible]

culaires, sinon, elles sont elliptiques ou même irrégulières.

En employant une très-petite quantité de sulfhydrate d'ammoniaque à l'extrémité d'une baguette de verre ou d'une plume d'oie, on peut écrire sur la plaque de cuivre. Les lettres ainsi formées sont à fond blanc, ou bleu noirâtre, bordées d'un liseré noir, entouré lui-même de zones colorées diversement, suivant la quantité de liquide déposé.

Il n'est pas possible de produire de lettres dictinctes avec le brome, car sa vapeur étend trop loin son effet. Il faudrait employer une quantité de liquide excessivement petite pour que les caractères fussent isolés les uns des autres.

On pourrait toutefois limiter l'action du brome en ne laissant agir sa vapeur qu'à travers des découpures faites dans du papier ou du carton bien appliqué, et au besoin collé sur le métal.

L'ordre des couleurs est ici le même que dans les anneaux thermiques; mais l'aspect général en est différent.

Anneaux colorés produits sur le cuivre par le brome (fig. 3).

1er ANNEAU : *jaune d'or, jaune orangé, bleu pâle, blanc* (large);

2e ANNEAU : *jaune d'or, rouge vif* (*carmin*), *bleu vif, vert vif;*

3e ANNEAU : *jaune, rouge, bleu vif, vert vif;*

4e ANNEAU : *jaune, rouge, bleu;*

5e ANNEAU : *centre rose, cuivre terni.*

Les couleurs dominantes sont le *rouge*, le *jaune* et le *vert*.

Anneaux formés par le sulfhydrate d'ammoniaque (fig. 4).

1er ANNEAU : *jaune orangé vif*, *rouge carmin très-vif*, *violet très-beau*, *bleu* (large), *blanc* (très-large).

2e ANNEAU : *jaune* (faible), *orangé*, *rouge* (pâle), *violet* (peu sensible), *bleu*, *vert*.

3e ANNEAU : *jaune*, *rose*, *bleu*, *vert*.

4e ANNEAU : le *jaune* est souvent absent.

Les couleurs dominantes sont le *bleu*, le *violet* et le *rouge*.

Quant aux dimensions de ces anneaux, elles pourraient atteindre, dans de bonnes conditions, celles des anneaux thermiques, et même les dépasser.

L'*Iode*, à l'état solide, simplement posé sur le cuivre poli, n'y produit que de très-petites couronnes irisées, presque microscopiques, dont les contours sont parallèles aux bords des parcelles du métalloïde; mais à l'état de vapeur, s'échappant par un tube aboutissant très-près de la plaque tenue horizontalement, l'iode produit sur le cuivre, des anneaux colorés analogues à ceux que donne la vapeur du brome, ce qui n'a rien d'étonnant à cause de la parfaite similitude de propriétés de ces deux substances.

Le même procédé peut être employé pour tout autre liquide volatil, ou par un gaz capable d'attaquer le métal en expérience. Ainsi, les liquides précédents p[illegible]

duisent sur l'argent, comme sur l'iode en vapeur, des anneaux irisés de nuances très-vives.

On peut obtenir sur une plaque de cuivre, en teinte uniformément répandue, l'une quelconque des premières nuances qui constituent les anneaux colorés produits par ce moyen. Parmi les nuances qu'on peut réaliser avec le sulfhydrate d'ammoniaque, les plus belles sont le *violet*, le *bleu*, le *rose*, le *blanc*. Avec le brome, c'est l'*orangé* et le *rouge* qui sont les plus brillantes.

Pour avoir de la régularité, il faut faire en sorte que la plaque présente successivement chacun de ses points au réactif et durant le même temps. Ou bien, on la fait servir de couvercle à une auge de forme semblable contenant une couche du liquide en expérience, de l'épaisseur de deux à trois millimètres, afin que les vapeurs se répandent partout également; on retire la plaque quand l'effet désiré est obtenu, ce qu'on peut voir en soulevant un peu la lame de temps à autre.

Pour obtenir sur une même plaque la succession graduée des teintes irisées, on met un peu du liquide volatil dans un petit flacon à large ouverture. On dispose la plaque sur le goulot et on la déplace au bout d'une seconde, de deux secondes, de trois secondes, etc., plus ou moins. De cette manière, on a une série de cercles tangents ou sécants, ou extérieurs les uns aux autres, offrant les principales teintes particulières à la nature des couches minces d'oxydes, de sulfures, bromures, iodures, etc.

Les anneaux produits ainsi chimiquement ne présentent pas de changements de teintes bien sensibles, lorsqu'on les regarde sous diverses inclinaisons à la lumière directe et à la lumière diffuse.

Je ferai remarquer enfin que les anneaux colorés provenant de l'action du brome ou du sulfhydrate d'ammoniaque sur le cuivre sont très-difficiles à enlever par l'acide azotique, même assez fort; le bleu foncé surtout résiste très-longtemps à l'action de cet acide.

Les vapeurs d'acide chlorhydrique font passer au jaune d'or les teintes rougeâtres; les autres nuances changent peu.

Le sulfure de carbone a été essayé à l'état de vapeur ou liquide; il n'a pas produit de coloration sur le cuivre décapé et poli. Il faudrait un long contact pour qu'il attaquât le métal; c'est ce qui arrive quand on laisse le liquide séjourner plus de vingt-quatre heures sur la tournure de cuivre pour lui enlever sa mauvaise odeur.

Comparaison des anneaux colorés obtenus par divers procédés.

Les métaux qui se colorent le mieux par voie électro-chimique sont le platine, l'or, l'argent; par voie thermique au contraire, ces métaux ne prennent aucune coloration quand ils sont purs. Le maillechort, l'acier, le bronze se couvrent, dans les deux cas, d'une nuance assez vive. Le cuivre qui, par le procédé électrique, n'acquiert que des teintes pâles, prend, au contraire, par voie thermique, les plus vives couleurs et occupe le premier rang, sous ce rapport, parmi les métaux soumis à l'expérience.

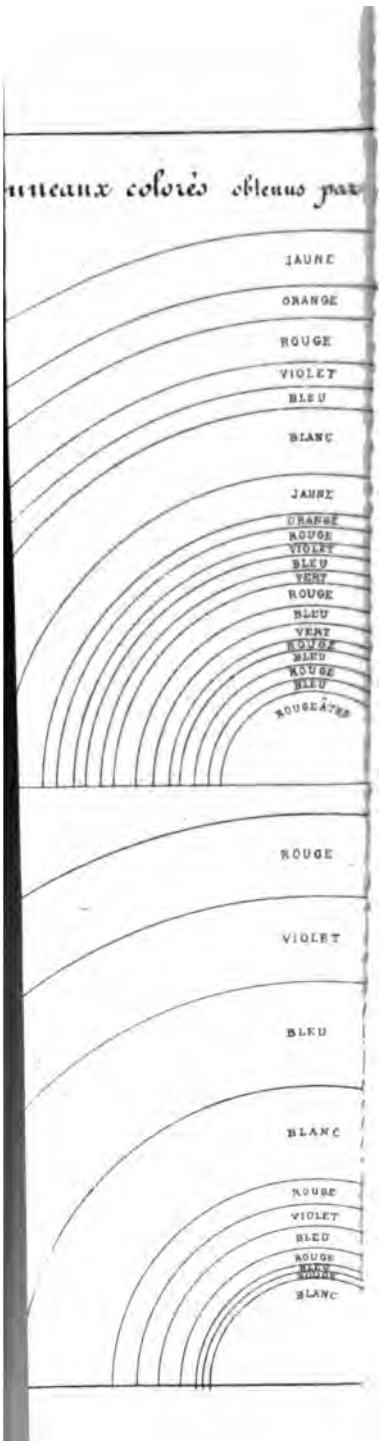
On pourrait presque dire que tous les métaux donnent lieu à des anneaux colorés, soit thermiques, soit chimiques, soit électro-chimiques, et souvent par l'un et l'autre moyen.

Ce qu'il y a de remarquable, c'est que quand on fait arriver des vapeurs de brome ou de sulfhydrate d'ammoniaque sur les anneaux thermiques, elles continuent l'effet et les couleurs se succèdent comme sous l'influence de la chaleur. Réciproquement, la chaleur continue les anneaux chimiques.

Applications. Parmi les diverses nuances qui composent les anneaux colorés, thermiques ou autres, il en est plusieurs qu'on peut obtenir en teintes uniformes ou marbrées, et qui paraissent inaltérables à l'air. On pourrait utiliser cette propriété pour préserver le métal, tout en lui donnant une teinte agréable. Il serait même possible, avec un même métal, d'obtenir une gamme des différents tons. — Nous avons vu aussi que la teinte bleu foncé obtenue par l'action chimique du sulfhydrate d'ammoniaque sur le cuivre résistait à l'acide azotique faible, autre propriété qui pourrait aussi trouver son application spéciale.

Lorsque le cuivre a été chauffé vivement à la flamme oxydante, il se forme à sa surface des poudres jaunâtres, rougeâtres et quelquefois verdâtres qu'on détache facilement de la plaque et qui, frottées sur du papier blanc, lui donnent leurs teintes particulières qu'on pourrait appliquer à métalliser le plâtre, la cire, le bois, etc.

On connaît les températures qui correspondent aux différentes nuances que prend l'acier trempé lorsqu'on le recuit. Il serait intéressant de faire une étude comparative des couleurs que prend le cuivre sous l'action de la chaleur oxydante et de déduire de la formation de telle nuance la température correspondante. Même observation à l'égard du laiton, du maillechort, du bronze ou de la fonte.


neaux colorés obtenus par
JAUNE
ORANGE
ROUGE
VIOLET
BLEU
BLANC
JAUNE
ORANGE
ROUGE
VIOLET
BLEU
VERT
ROUGE
BLEU
VERT
ROUGE
BLEU
ROUGE
BLEU
ROUGEÂTRE
ROUGE
VIOLET
BLEU
BLANC
ROUGE
VIOLET
BLEU
ROUGE
VERT
ROUGE
BLANC

Les effets d'une flamme sur une plaque polie étant très-différents, suivant la nature chimique du métal, il serait possible, par le procédé thermique, de reconnaître dans un alliage la présence du cuivre, de l'étain, du zinc, etc.; ce serait un mode d'analyse quantitative assez prompt et qui n'exigerait d'autre étude préalable que la connaissance des caractères généralement très-tranchés des anneaux colorés produits par ce moyen sur les divers métaux et alliages.

Peut-être aussi pourrait-on tirer parti des anneaux colorés ou de quelques-unes de leurs nuances au point de vue artistique ou industriel.

POINTS CRITIQUES

DES MÉTAUX SONORES

OU

Températures auxquelles les métaux perdent complétement leur sonorité.

Par M. C. DECHARME.

En soumettant à l'action de la chaleur, par exemple à la flamme d'un bec de Bunsen, une plaque ou une tige d'un métal sonore, ou mieux un petit timbre en bronze, on ne tarde pas à remarquer, dans la hauteur du son rendu quand on le frappe, un abaissement sensible (un ton ou deux) [1] et une altération profonde dans sa pureté. En continuant à chauffer, le son finit par s'éteindre complétement à une température que je nomme *point critique* (ou point sourd, point muet). Si l'on supprime la source de chaleur, le métal se refroidissant, passe par les mêmes phases de sonorité, en sens inverse des précédentes, et recouvre enfin toutes ses qualités sonores lorsqu'il est revenu à la température qu'il avait avant l'expérience.

[1] La recherche de la relation qui peut exister entre la hauteur des sons rendus par un corps et ses variations de température, est une question dont j'ai déjà commencé l'étude et dont je ferai connaître plus tard les résultats.

On peut même dire que les trois qualités du son se trouvent ici affectées à la fois. Dès que le métal est soumis à l'action d'une source de chaleur un peu vive, non-seulement il y a diminution dans la hauteur du son mais encore l'intensité en est successivement diminuée et le timbre profondément modifié. Le beau son clair du bronze devient bientôt méconnaissable. Quand on le frappe lorsqu'il a atteint la température du point critique, c'est comme si l'on frappait sur du plomb.

Il y aurait donc à étudier, sous ce triple rapport, les modifications produites par la chaleur dans le son d'une tige, d'une plaque, d'une corde et en général d'un corps sonore quelconque, dont on fait varier la température. Je ne m'occuperai dans cette note que de la hauteur du son, ou plutôt de la phase d'extinction du son.

Une première question se présente ici naturellement à la pensée : Le point critique est-il le même pour tous les métaux ? Cela paraît peu probable ; l'inverse est bien plus rationnel à supposer ; toutefois il fallait une confirmation expérimentale du fait.

C'est ce que j'ai pu facilement vérifier par les expériences suivantes :

1° Une rondelle d'*étain* de 8 cent. de diamètre et de 2^{mm} d'épaisseur a été disposée, au-dessus du verre d'une lampe modérateur ordinaire, assez près pour que la température fût en cet endroit de 300° environ. On a pu produire l'extinction du son dans cette plaque au moment où elle présentait des traces superficielles de fusion vers le centre. Il est évident que pour l'étain le point critique est nécessairement inférieur à 235°, point de fusion du métal ;

2° Une semblable rondelle en *zinc*, placée dans les

mêmes conditions que la précédente, n'a pas atteint le point critique. Mais en employant la flamme d'une lampe à alcool on y est facilement arrivé;

3° et 4° Pareilles rondelles de *laiton* et de *bronze*, exposées à cette dernière flamme, y ont perdu complétement leur sonorité, mais avec difficulté déjà pour le premier métal, et plus encore pour le second;

5° et 6° Enfin, avec des rondelles d'*acier* et de *fer* égales aux précédentes, il y a eu seulement, avec la même source de chaleur, baisse d'un demi-ton, sans extinction de sonorité; mais, à l'aide du bec de Bunsen ou mieux de la lampe d'émailleur à large flamme, on est arrivé à la perte complète du son, encore a-t-il fallu chauffer les plaques jusqu'à ce qu'elles eussent atteint une température voisine du rouge sombre, c'est-à-dire d'environ 525 degrés.

Ces premiers aperçus montrent déjà que les points critiques des divers métaux soumis à l'expérience, non-seulement sont différents, mais qu'ils s'élèvent d'autant plus dans l'échelle thermique que les points de fusion correspondant à ces métaux sont eux-mêmes plus élevés; ou, ce qui revient au même, que l'ordre des points critiques des métaux paraît être le même que celui de leurs points de fusion. Y a-t-il proportionnalité entre ces points? Ou plutôt quelle est la relation exacte qui existe entre eux?

Pour répondre à cette nouvelle question, il faudrait connaître assez exactement les points critiques de ces différents métaux, avec un degré d'approximation analogue à celui de leurs points de fusion.

Pour cette recherche délicate, j'ai eu recours, à défaut de pyromètre sûr, à la méthode calorimétrique des mé-

langes qui m'a fourni une première approximation. J'opérais d'ailleurs de manière à resserrer les limites entre lesquelles devait avoir lieu le phénomène de la perte totale de sonorité : Je faisais une première expérience correspondant à la température la moins élevée à laquelle la sonorité commençait à disparaître ; puis une seconde, quand la sonorité était nettement perdue ; enfin, une troisième et une quatrième expériences en opérant par refroidissement, c'est-à-dire qu'après avoir dépassé le point critique notablement, j'attendais que le métal en se refroidissant commençât à reprendre de la sonorité. Répétant plusieurs fois des expériences analogues sur le même métal en faisant varier son poids ainsi que celui de l'eau du calorimètre, j'arrivais, en prenant la moyenne des résultats, à des chiffres qui ne différaient plus entre eux que de cinq ou six degrés.

En sorte que de l'étain au fer, et pour les métaux sonores qui ont leurs points de fusion entre 225 et 1,300 degrés, les températures des points critiques étaient comprises entre 140 et 525 degrés environ.

Je représentais ensuite graphiquement les résultats de la manière suivante :

En traçant deux droites perpendiculaires comme axes coordonnés et en prenant pour abscisses les températures des points de fusion et pour ordonnées celles des points critiques des métaux correspondants, j'obtenais une série de points pour l'étain, le zinc, le laiton, le bronze, le cuivre, l'acier et le fer, qui se trouvaient sensiblement sur une courbe régulière tournant sa concavité vers l'axe des abscisses.

Néanmoins, cette méthode ne me paraît pas assez précise pour déterminer, avec toute l'exactitude dési-

rable, la relation que je cherche, les points critiques étant d'ailleurs assez difficiles à préciser, parce qu'ils se manifestent par transition, comme ceux des changements d'état de certains corps; ce sont plutôt des *phases critiques* que des points critiques.

Je ne puis donc, pour cette raison, que classer les métaux dans l'ordre de leurs points critiques lequel est aussi l'ordre des points de fusion. C'est tout ce que l'on peut tirer de légitime, pour le moment, des expériences qui précèdent.

D'ailleurs, les points critiques peuvent dépendre non-seulement des points de fusion, mais encore de quelques autres propriétés physiques, telles que le coefficient de dilatation, le coefficient d'élasticité, la densité du métal, etc., car une chaleur un peu vive agit d'une manière puissante sur les propriétés physiques du métal. En modifiant la distance des molécules, la chaleur atteint l'élasticité du corps, sa densité et par suite sa sonorité. La relation peut donc être fort complexe.

J'ai pensé néanmoins qu'il pouvait y avoir quelque intérêt scientifique à connaître le fait et l'ordre des points critiques des métaux les plus usuels. J'ai dû me borner à cette indication jusqu'à ce que j'eusse le moyen de déterminer ces points avec l'exactitude des points de fusion. Alors, la première application que l'on en pourra faire sera de déterminer, par leur moyen, la température d'un milieu, d'un fourneau, par exemple. Il suffira d'y plonger plusieurs métaux, simultanément ou successivement, et de constater quel est celui d'entre eux (le moins fusible) qui y perd complétement sa sonorité. Le point critique de ce métal étant connu, la température correspondante sera ainsi déterminée approxima-

tivement, c'est-à-dire comprise entre des limites rapprochées et connues.

Les points critiques des divers métaux sonores deviennent ainsi autant de points de repère dans la recherche des températures élevées.

NOTE SUR DEUX PYROMÈTRES

POUVANT INDIQUER DES TEMPÉRATURES SUPÉRIEURES A 500 DEG.

Par M. C. DECHARME.

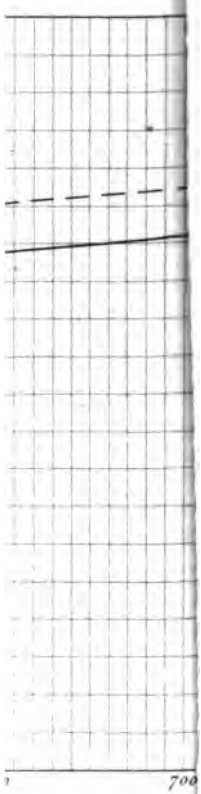
Dans de précédentes recherches sur la détermination des températures auxquelles les métaux perdent complétement leur sonorité, j'ai fait usage de deux pyromètres que je vais décrire.

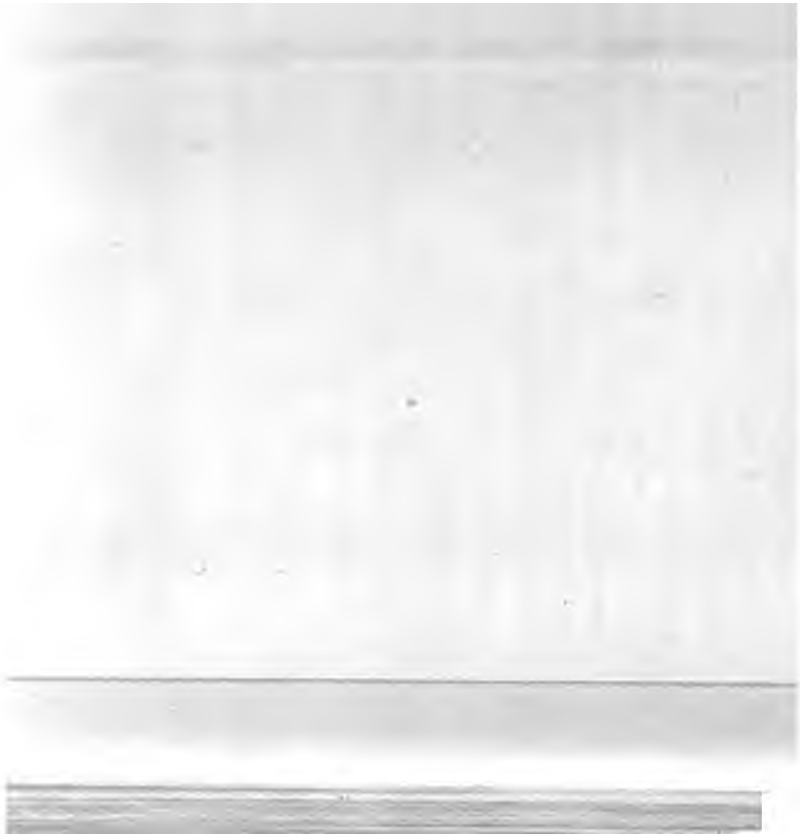
Le premier que j'appellerai *pyromètre thermométrique* parce que ses indications sont fournies par un thermomètre ordinaire à mercure, consiste effectivement en un petit thermomètre qui n'est pas directement plongé dans le milieu dont il s'agit de trouver la température, mais qui est placé dans une cavité pratiquée à l'extrémité d'une tige verticale en fer de 20 centimètres de longueur, sur 5 millimètres de diamètre, dont l'autre bout, recourbé horizontalement, est mis directement dans le milieu en expérience.

L'instrument a été gradué par comparaison; la table de graduation et la courbe qui la représente ont été obtenues de la manière suivante :

L'extrémité horizontale de la tige est enfoncée à frottement dur dans les parois (épaisses à cet endroit) d'un vase en fer de 8 centimètres de long, sur 4 de

ıre à tige métal





large et 6 de profondeur ; la cavité de la tige qui porte le thermomètre ayant été remplie de mercure et le thermomètre y étant maintenu verticalement, on a mis dans le vase de l'eau qu'on a portée et maintenue en ébullition pendant un temps suffisant pour que la chaleur se communiquant par conductibilité jusqu'au thermomètre indicateur, celui-ci conservât une température constante dont on a pris note. C'est le premier point de repère. On a ensuite remplacé l'eau par de l'étain que l'on maintenait en fusion, en ayant soin d'y laisser un thermomètre et de régler la source de chaleur (bec de Bunsen) de manière à avoir une température constante durant une demi-heure ou plus. On a eu ainsi le deuxième point de repère. Pour avoir les troisième et quatrième on a employé le plomb et le zinc, en opérant comme pour l'étain [1].

Avec ces quatre points de repère, 100°, 235, 335 et 450 j'ai pu tracer une courbe qui prolongée a donné, par extrapolation, des indications suffisamment exactes, pour le but que je me proposais : la détermination des *points critiques* des métaux sonores. En effet, les indications fournies par ce pyromètre et par le suivant pourraient suffire en se plaçant comme je l'ai fait, pour toutes ces expériences comparatives, dans des conditions extérieures sensiblement identiques relativement à la température ambiante, ce qui est toujours possible.

Il existe, je le sais, divers appareils où l'on emploie un thermomètre à mercure non directement plongé dans le milieu en expérience. Ces instruments ne donnent

[1] Dans ces opérations, le thermomètre indicateur était préservé du rayonnement du vase et de la source de chaleur par un écran ou carton épais au travers duquel passait la tige métallique.

pas la température réelle du milieu, mais seulement des indications au moyen desquelles on constate facilement que dans deux ou plusieurs circonstances successives, les températures ont été les mêmes, supérieures ou plus basses. M. Main a construit dernièrement un pyromètre[1] gradué par comparaison, comme le précédent, et muni de plusieurs enveloppes qui le rendent à peu près indépendant de la température réelle d'un milieu avec lequel il est mis en communication immédiate. Celui que je viens de décrire est beaucoup plus simple et suffit au genre d'expériences auxquelles il était destiné.

Le second pyromètre que j'ai employé dans le même but et comme contrôle du premier, consiste en une tige de fer cylindrique, ayant 25 centimètres de longueur, et 5 millimètres de diamètre, recouverte de cire, et implantée dans la paroi du même vase en fer auquel le premier pyromètre était adapté. Ce pyromètre à fusion de cire a été gradué en même temps que le premier et a donné des indications comparatives contenues dans le tableau suivant dont les deux courbes ci-jointes sont la traduction graphique. Ces courbes rapprochées l'une de l'autre permettent de saisir d'un seul coup d'œil la marche comparative des deux instruments (fig. 1).

[1] *La Nature*, 31 mars 1877, p. 288. Figure.

Marche comparative du thermomètre à mercure, d'un pyromètre thermométrique et d'un pyromètre à tige métallique enduite de cire.

TEMPÉRATURES RÉELLES indiquées par le thermomètre à mercure (jusqu'à 350°).		INDICATIONS DES PYROMÈTRES	
		THERMOMÉTRIQUE (en degrés centigrades)	A TIGE CIRÉE (en millimètre de cire fondue).
		°	mm.
100°	Eau bouillante.	41 5	80
200		52.6	121
225	Fusion de l'étain.	54.9	126
300		58.9	134
335	Fusion du plomb.	60.5	136
350		61.0	137
400		63.0	138.5
450	Fusion du zinc.	64.5	143
500	par extrapolation.	66.0	145
600		68.5	150
700		70.5	153
800		71.7	156.5
900	Fusion du bronze.	73.3	159

PROCÈS-VERBAUX

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ ACADÉMIQUE

DE MAINE-ET-LOIRE

ANNÉES 1875-76, 1876-77

SÉANCE DU JEUDI 9 DÉCEMBRE 1875.

La Société reprend ses séances un mois plus tard qu'à l'ordinaire, la séance de novembre ayant été ajournée, par suite d'empêchement de plusieurs membres du bureau.

Lecture, par M. Ménière, de la première partie d'un mémoire de M. Deséglise, membre correspondant, intitulé : Catalogue descriptif ou énumération méthodique des espèces du genre *rosier* pour l'Europe, l'Asie et l'Afrique.

M. Lieutaud, directeur du Jardin des Plantes, présenté par MM. Ménière et Decharme ;

MM. Floquet, professeur au Lycée ;

Garbe, professeur au Lycée, présentés tous deux par MM. Egger et Debidour, sont admis parmi les membres de la Société.

Il est procédé à l'élection du bureau pour 1876. Sont élus :

Président : M. Egger ;
Directeur : M. Decharme ;
Secrétaire général : M. Lieutaud ;
Archiviste : M. Ménière ;
Trésorier : M. Charron.

SÉANCE DU JEUDI 13 JANVIER 1876.

Lecture, par M. Ménière, de la seconde partie du mémoire de M. Deséglise sur les espèces du genre *rosier*.

M. Decharme : relation entre les qualités sonores de divers métaux et leurs propriétés physiques et chimiques ; lecture et expériences.

Rapport du trésorier sur l'exercice 1875.

SÉANCE DU JEUDI 10 FÉVRIER 1876.

Lecture, par M. Decharme, de la première partie d'un mémoire intitulé : Etude expérimentale de la marche du flux thermique dans une barre métallique.

Lecture, par M. Egger, d'une note sur une médaille italienne du XVI^e^ siècle, représentant un philosophe de l'école de Padoue.

M. Port annonce à la Société la découverte d'un squelette quaternaire dans le département de Maine-et-Loire.

Ce squelette doit être envoyé au musée de Saint-Germain, ainsi que le vase en terre qui protégeait la figure du mort.

SÉANCE DU JEUDI 3 MARS 1876.

Lecture, par M. Debidour, de la première partie d'un mémoire intitulé : Origine et transformation de la mairie d'Angers, introduction à l'étude de la Fronde angevine.

Lecture de M. Cornilleau : La station Robrica. — Discussion : MM. Port, Lieutaud, Egger.

SÉANCE DU JEUDI 6 AVRIL 1876.

La Société a reçu, de M. le Ministre de l'Intruction publique, l'invitation de prendre part au Congrès annuel des Sociétés savantes, qui se réunira à Paris le 19 avril et les jours suivants. La Société désigne pour la représenter au congrès MM. Ménière, Floquet, Garbe, Egger.

Lecture de M. Decharme : seconde partie du mémoire sur le flux thermique.

Lecture de M. Debidour : seconde partie du mémoire sur la Mairie d'Angers.

La Société décide qu'elle ne tiendra pas de séance en mai, et s'ajourne au 9 juin.

SÉANCE DU 9 JUIN 1876.

Lecture de M. Floquet : Note sur un théorème de Laplace.

M. Decharme donne lecture d'un fragment philosophique envoyé à la Société par son ancien président, M. Ridard, et intitulé : Chêne et gland, question d'écolier.

SÉANCE DU JEUDI 20 JUILLET 1876.

Lecture de M. Egger, sur le problème de la vision droite avec les images renversées, et, à ce propos, sur les phosphènes, ou anneaux lumineux subjectifs, produits par la pression du globe oculaire.

Lecture de M. Debidour : troisième partie du mémoire sur la Mairie d'Angers.

M. Decharme : expériences avec le radioscope de Crookes, et exposé des questions soulevées par cet instrument.

La Société s'ajourne, selon l'usage, au mois de novembre.

SÉANCE DU JEUDI 23 NOVEMBRE 1876.

Lecture, par M. Decharme, d'un mémoire sur les anneaux colorés thermiques.

Lecture de M. Egger : note complémentaire sur la médaille représentant un philosophe de Padoue.

MM. Floquet et Garbe, professeurs au Lycée, ayant

été appelés à d'autres fonctions, ont cessé de faire partie de la Société.

SÉANCE DU JEUDI 21 DÉCEMBRE 1876.

MM. Voisin, Chervet, Blanchet, professeurs au Lycée, présentés par MM. Debidour et Egger, sont admis comme membres de la Société.

L'ordre du jour portait la nomination du bureau pour l'année 1877. Cette nomination est ajournée, faute d'un nombre suffisant de votants. Le bureau de 1876 est chargé de faire appel, par une circulaire spéciale, au zèle des membres de la Société, en vue de pouvoir procéder régulièrement, lors de la prochaine séance, fixée au 25 janvier 1877, à la nomination du nouveau bureau.

SÉANCE DU 25 JANVIER 1877.

Le bureau n'ayant pu être renouvelé à la séance précédente, où la Société ne se trouvait pas en nombre, les membres qui le composaient en 1876 continuent provisoirement leurs fonctions.

La Société, suivant l'ordre du jour spécial qui a été adressé à chacun de ses membres, délibère d'abord sur la question de savoir si elle doit entrer en négociations avec la *Société industrielle* et la *Société d'agriculture, sciences et arts*, en vue d'une fusion des trois sociétés en une seule. Des pourparlers ont été déjà engagés entre les deux sociétés sus-nommées, sur lesquels des

détails sont donnés à la Société par un de ses membres qui fait également partie de la *Société industrielle* : d'après lui, le but de la *Société industrielle* serait, non d'absorber et de détruire des sociétés rivales, mais de leur donner par une libre et cordiale association certains éléments de vitalité qui commencent à leur manquer; dans cette intention, elle serait disposée à toutes les concessions favorables à une entente commune. — Une assez longue discussion s'engage à ce sujet, d'où il résulte :

1° Que la Société académique ne se montrera pas hostile, en principe, à un projet de fusion, quand il lui aura été officiellement proposé;

2° Que l'entente doit se faire tout d'abord entre les deux sociétés déjà en négociations;

3° Que l'adoption d'un titre nouveau pour les sociétés réunies faciliterait l'adhésion de la Société académique.

Il est procédé ensuite à l'élection du bureau pour l'année 1877. Sont nommés :

Président : M. Decharme;
Directeur : M. Egger;
Secrétaire général : M. Debidour;
Archiviste : M. Ménière;
Trésorier : M. Charron.

La Société a reçu les démissions de MM. Brossard de Corbigny, Glétron, Legludic et Cornilleau.

Le Secrétaire général, Debidour.

SÉANCE DU 22 FÉVRIER 1876.

La Société reçoit une lettre du Ministre de l'Instruction publique invitant ses membres à prendre part au Congrès des Sociétés savantes de 1877. Sont délégués pour représenter la Société au Congrès MM. Ménière, Egger, Debidour, Chervet, Blanchet.

La Société entend le compte-rendu annuel du trésorier; ce compte-rendu ne donne lieu à aucune observation; la situation financière de la Société est très-satisfaisante.

M. Egger a assisté, à titre officieux, à une réunion qui a eu lieu chez M. Blavier, président de la *Société industrielle*, entre les délégués de cette Société et ceux de la *Societé d'agriculture, sciences et arts*, au sujet du projet de fusion. M. Egger rend compte de l'état de la question. Une discussion s'engage à ce sujet, d'où il résulte que l'adoption pour les sociétés réunies du titre de *Société d'agriculture, sciences et arts* ne rencontrerait pas d'opposition dans le sein de la Société académique, principalement s'il en résultait pour la société nouvelle des facilités pour obtenir une déclaration d'utilité publique. — Sur la proposition de M. Barassé, la Société décide qu'à sa prochaine séance elle nommera des délégués chargés de conférer avec les délégués déjà nommés des deux autres sociétés.

M. Ménière lit une note sur une ancienne mine de fer découverte sur la commune d'Angers, à l'extrémité du faubourg de Reculée. — Discussion : M. Port.

Le Secrétaire général, DEBIDOUR.

SÉANCE DU 22 MARS 1877.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Debidour donne lecture d'un appendice de son travail sur la *Fronde Angevine*, intitulé : *le Maréchal de Brézé*, d'après sa correspondance inédite et d'après les lettres de Richelieu.

Une discussion s'engage ensuite au sujet de la fusion proposée précédemment avec la *Société industrielle* et la *Société d'Agriculture, sciences et arts*. Il est procédé, d'après les conclusions prises dans la dernière séance, à la nomination des délégués qui devront, avec ceux de ces deux réunions, délibérer sur la possibilité et les conditions d'une entente commune entre les trois sociétés. Cette mission est confiée à MM. Port, Egger et Debidour.

SÉANCE DU 26 AVRIL 1877.

M. Debidour, secrétaire général, subitement empêché, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. Blanchet, professeur au Lycée, récemment nommé au Lycée d'Angoulême, présente à la Société par l'organe de M. Chervet, ses excuses et ses regrets de ne pouvoir plus longtemps prendre part à ses travaux.

La lecture de M. Debidour sur Théodora, impératrice d'Orient, est ajournée.

M. Egger rend compte à la Société de la séance de la commission de fusion, qui a eu lieu chez M. Blavier, le 26 mars. Il a été convenu qu'une démarche serait faite

par la Société d'agriculture en vue d'obtenir l'autorisation de modifier son règlement, ce qui permettrait aux sociétés fusionnées de s'approprier ce règlement et de profiter de la déclaration d'utilité publique que possède la Société d'agriculture. Les délégués de la Société académique ont déclaré adhérer au titre de *Société d'agriculture, sciences et arts* que prendraient alors les trois sociétés réunies. Diverses observations sont échangées sur ces questions.

SÉANCE DU 24 MAI 1877.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Debidour s'excuse de ne pouvoir encore donner lecture de son travail sur Théodora, impératrice d'Orient. Le temps lui a manqué pour traduire en français cette étude, qu'il a écrite en latin.

M. Egger lit une note intitulée Critique de la méthode physiologique en psychologie. Ce travail sera imprimé et publié dans les Mémoires de la Société.

SÉANCE DU 26 JUILLET 1877.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

La correspondance contient :

1° Une lettre du Ministre de l'Instruction publique, du 19 juillet 1877, donnant avis à la Société de l'allo-

cation qui lui est faite d'une somme de 300 fr. — M. Decharme, président, remerciera M. le Ministre au nom de la Société, et désignera M. Charron, trésorier, pour toucher cette somme;

2° Une circulaire du Ministre de l'Instruction publique, du 28 juin 1877, demandant à la Société une note bibliographique sur ses publications depuis son origine jusqu'à aujourd'hui, en vue de la publication d'une bibliographie des Sociétés savantes de France. — M. Egger, directeur, se charge de transmettre les renseignements demandés;

3° Une circulaire de l'Association française pour l'avancement des sciences, invitant la Société à se faire représenter à la session prochaine qui se tiendra au Hâvre à la fin du mois d'août. — M. Decharme, qui est membre de l'Association, représentera la Société au Hâvre sans qu'il soit besoin d'une délégation spéciale.

M. Egger demande à la Société d'imprimer dans le volume de Mémoires en cours de publication le *Rapport fait au nom de l'Exposition rétrospective*, exposition jointe aux expositions industrielle et artistique d'Angers en mai-juin 1877, et de faire suivre le rapport, à titre de pièce justificative, du catalogue, déjà imprimé, de l'exposition. — La Société décide l'impression du rapport de M. Egger et la réimpression du catalogue à la suite du rapport.

M. Decharme lit une note sur deux pyromètres pouvant indiquer des températures supérieures à 500°.

Pour le Secrétaire, empêché,

Le Directeur, V. Egger.

ERRATA DU TOME XXXIV (1876-1877).

ET ADDITIONS.

Pag.	lig.	Au lieu de :	Lisez :
3	3	16^{mm}	6^{mm}
»	3	section carrée	à section carrée
»	4 en montant	7°4	7°,4
»	2 —	13°0	13°,0
30	3 —	fig. 1	fig. 2
32	4	(supprimer : pl. III. fig. 2)	
»	15	(ajouter : pl. III. fig. 1)	
39	17	Bequerel	Becquerel
49	7	grafiques.	graphiques.
»	2e colonne 3e et 4e lignes.	or..... 5584.6	or.. .. 5989
		argent. 7140.5	argent. 7533
	4e colonne 6e ligne.	Fer ... 7.698	fer.... 7.79
50	18	directe des sons	directe des hauteurs des sons.
Pl.	fig. 1	fer ut_5	fer ut_5 dièze.

Aux pages 52 et 53, substituer les suivantes :

« Toutes choses égales d'ailleurs, le nombre de vibrations produites dans l'unité de temps, par une tige que l'on ébranle transversalement, est directement proportionnel à la racine carrée de son coefficient d'élasticité et inversement proportionnel à la racine carrée de sa densité; » énoncé que l'on peut traduire par la formule :

$$n = a\sqrt{\frac{e}{d}}$$

dans laquelle a est une constante dépendant de la nature de la substance.

Pour deux tiges de métaux différents, on a sensiblement :

$$\frac{n}{n'} = \sqrt{\frac{ed'}{e'd}}$$

En appliquant cette dernière formule aux tiges cylindriques qui ont fait l'objet de mes expériences, je trouve les résultats suivants :

Cuivre : $n = 1642{,}32$; $e = 11833$; $d = 8{,}95$
Fer : $n' = 2192,2$; $e' = 19310$; $d' = 7{,}79$

ce qui conduit à

$$0{,}7491 = 70{,}286.$$

avec une erreur ou différence de 0.0205

Zinc : $n = 1422$; $e = 9641$; $d = 7{,}131$
Fer : $n' = 2192{,}2$; $e' = 19419$; $d' = 7,79$

ces nombres mis dans la formule conduisent à

$$0{,}648 = 0{,}736 \text{ : différence } 0{,}088.$$

Zinc : $n = 1422$; $e = 9641$; $d = 7{,}131$
Cuivre : $n' = 1642{,}32$; $e' = 11833$; $d' = 8,95$

d'où $0{,}865 = 1{,}009$: différence $0{,}144$.

Zinc : $n = 1412$; $e = 9641$; $d = 7{,}131$
Acier : $n' = 2322{,}6$; $e' = 18811$; $d' = 7{,}906$

d'où $0{,}612 = 0{,}753$: différence $0{,}141$.

Si nous posons :

$$\frac{n}{n'} = A\sqrt{\frac{ed'}{e'd}},$$

A, étant fonction des autres propriétés physiques ou chimiques, on aura pour le :

1er cas, cuivre et fer : $0{,}7491 = A.0{,}7286$ d'où $A = 1{,}025$
2e — zinc et fer : $0{,}648 = A.0{,}736$ — $A = 0{,}880$
3e — zinc et cuivre : $0{,}865 = A.1{,}009$ — $A = 0{,}855$
4e — zinc et acier : $0{,}612 = A.0{,}753$ — $A = 0{,}813$

On voit, par un exemple, que A varie encore avec la nature de la substance, mais dans des limites assez rapprochées.

La relation $n = a\sqrt{\frac{e}{d}}$ peut servir à faire connaître a en mettant pour e, d, et n des valeurs particulières relatives au

cuivre, par exemple, dont le coefficient d'élasticité est moyen entre ceux des autres métaux, et l'on a :

$$\frac{1}{a^2} = \frac{e}{n^2 d} = \frac{11833}{(1642{,}32)^2 \times 8{,}95} = 0{,}00049.$$

Par suite $$e = \frac{1}{a^2} n^2 d = 0{,}00049 \times n^2 d.$$

On peut aussi se servir de la formule :

$$e' = e\frac{n'^2 d'}{n^2 d}$$

Les coefficients d'élasticité ainsi calculés se rapprochent assez de ceux de Wertheim; comme le montre le tableau suivant.

SUBSTANCES.	COEFFICIENTS D'ÉLASTICITÉ	
	DÉDUITS DES EXPÉRIENCES précédentes.	DONNÉS PAR WERTHEIM.
Plomb.....	2645.49	1985.2
Or.....	9008.42	5989 à 8644
Argent.....	5491.45	7553 à 7820
Antimoine..	3956.08	» »
Etain.....	4751.31	4172
Laiton.....	6632.16	»
Bronze.....	7999.39	»
Zinc.....	7065.54	8793.6 à 9641.0
Cuivre.....	11833 »	11833 à 12513
Fonte.....	11831.81	»
Fer.....	18343.99	18547 à 19410
Acier.....	20881.99	18247 à 18811

Les différences de nos résultats avec ceux de Wertheim, tiennent à ce que les premiers ont été constatés sur la valeur $\frac{1}{a}$ relative au cuivre et que a, qui est inconnu, doit varier avec la nature de chaque métal.

Pages	lignes		au lieu de :	lisez :
69	5	en montant	Mais	Ainsi
89	6	—	Brome	Bronze
103	10	—	d'une nuance assez vive	de nuances assez vives.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Recherches expérimentales sur la vitesse du flux thermique dans une barre de fer, par M. C. Decharme . 1

Qualités sonores comparatives des métaux, des bois et des pierres, par M. C. Decharme 41

Des anneaux colorés thermiques, par M. C. Decharme. 61

Points critiques des métaux sonores ou températures auxquelles les métaux sonores perdent complétement leur sonorité, par M. C. Decharme. 106

Note sur deux pyromètres pouvant indiquer des températures supérieures à 500 degrés, par M. C. Decharme 112

Procès-verbaux des séances de la Société Académique : années 1875-1876, 1876-1877 116

Errata 126

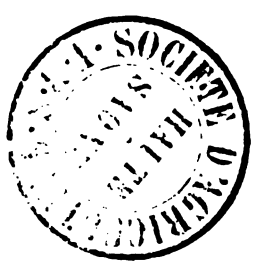
ANGERS, IMPRIMERIE LACHÈSE ET DOLBEAU.

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

ACADÉMIQUE

DE MAINE-ET-LOIRE



MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ

ACADÉMIQUE

DE

MAINE-ET-LOIRE

TOME XXXV

SCIENCES

ANGERS

IMPRIMERIE LACHÈSE ET DOLBEAU

13, Chaussée Saint-Pierre

1880

SUR LES

FORMES VIBRATOIRES

Des corps solides et des liquides [1]

Premier mémoire

PLATEAUX CIRCULAIRES

PAR

C. DECHARME

Docteur ès sciences
Officier de l'Instruction publique
Professeur de physique à l'Ecole Préparatoire à l'Enseignement Supérieur
des Sciences et des Lettres et au Lycée d'Angers

Pour étudier le mode de vibration des plaques métalliques, Chladni et, après lui, Savart répandaient sur elles du sable fin, les mettaient en vibration avec l'ar-

[1] Plusieurs Mémoires sur ce sujet ont été adressés à l'Académie des sciences qui en a fait insérer des extraits dans les Comptes-rendus :

Tome LXXXVI, p. 43 (séance du 18 février 1878),
— LXXXVII, p. 254 (séance du 5 août —),
— id. p. 354 (— 26 — —),
— id. p. 551 (— 14 octobre —),

extraits reproduits, dans le *Bulletin de l'Association scientifique de France*, 1er et 15 septembre 1878, p. 335 et 366, et dans d'autres revues scientifiques.

chet ou par tout autre moyen, et observaient les *figures acoustiques* produites lorsque le sable, chassé des points vibrants, venait s'arrêter aux endroits qui se trouvaient en repos (du moins en repos relatif), ensemble qui constituait les lignes nodales. La complication de ces lignes allait croissant, à mesure que le son rendu s'élevait; et l'on ne connaît pas encore aujourd'hui de relation précise entre les figures acoustiques de Savart et la hauteur des sons correspondants.

En se contentant de mettre du sable à la surface des plaques vibrantes et d'attendre qu'il se déposât suivant les nodales, on examinait le phénomène à l'*état statique;* ce qui ne peut donner une idée exacte des divers modes de subdivisions de plateau circulaire, pour les sons supérieurs à ceux qui correspondent à son partage en dix secteurs symétriques. Tandis que le plus curieux est de voir le phénomène à *l'état dynamique;* c'est-à-dire de surprendre, pour ainsi dire, la nature sur le fait, selon l'expression de Fontenelle, en montrant les formes vibratoires elles-mêmes dessinées, écrites en quelque sorte, à la surface des plaques. Pour cela, il suffit d'y répandre une mince couche d'eau (ou de liquide quelconque bien fluide). En mettant alors le plateau en vibration, on voit le liquide vibrer lui-même partout où les portions sous-jacentes sont en mouvement oscillatoire. C'est le moyen que j'ai employé; c'est l'idée qui a été le point de départ de mes recherches sur ce sujet et qui sert de base à tout ce qui va suivre.

Savart, en expérimentant sur des plaques métalliques, en tôle de fer ou de laiton, n'a fait que constater les divergences qui se produisent dans les résultats obtenus,

relativement à la hauteur des sons. Les rapports trouvés pour une plaque ne s'accordant pas avec ceux d'une autre plaque de même nature, il attribua ces différences au défaut d'homogénéité de la matière et ne donna pas suite à ses expériences sous ce rapport. Il se contenta de classer les nombreuses figures obtenues, sans se préoccuper des sons correspondants.

Pour éviter l'inconvénient capital du défaut d'homogénéité, j'ai borné mes premières recherches à l'étude des plateaux de verre à glace, présentant une épaisseur très-sensiblement constante dans toute leur étendue. Les résultats qui seront relatés plus loin, se rapportent spécialement à ces sortes de plateaux dont les diamètres varient de $0^m,35$ à $0^m,654$ et les épaisseurs de $0^m,0025$ à $0^m,004$.

Je vais d'abord donner une idée générale du phénomène en faisant connaître les dispositions expérimentales adoptées, ce qui permettra de préciser le but de ces recherches.

Dispositions expérimentales. — Le plateau circulaire soumis à l'expérience, choisi d'épaisseur uniforme, est percé à son centre d'une ouverture de $0^m,006$ de diamètre et fixé par ce point, au moyen d'une vis de pression à large tête, sur un pied très-lourd, de petites rondelles de cuir étant placées entre le verre et la vis ou le support.

Après avoir garni le pourtour du plateau d'une légère bordure de cire à modeler, on le dispose horizontalement (à l'aide d'un niveau à bulle circulaire) et on le recouvre complétement d'une couche d'eau uniforme

de 0m,001 à 0m,003 d'épaisseur, suivant l'effet que l'on veut produire [1].

En attaquant alors le plateau avec l'archet, perpendiculairement au bord, on fait apparaître à volonté (comme il sera indiqué plus loin), 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, etc., réseaux symétriques quadrillés, plus ou moins étendus, tantôt disposés sur le pourtour (réseaux périphériques) tantôt complétement détachés du bord (réseaux excentriques).

Ces réseaux sont formés par une multitude de stries tantôt obliques, tantôt perpendiculaires entre elles, disposées soit en bandes parallèles équidistantes, soit en quadrillages réguliers d'un très-bel effet.

Il sera prouvé que ces réseaux correspondent aux ventres de vibrations du plateau et que les stries qui les composent en sont les lignes nodales élémentaires.

Objet de ces recherches. — Je me propose, après avoir fait connaître les réseaux, dans leur corrélation avec les figures acoustiques de Savart, dans leur mode de production, leurs formes, leur étendue relative, leur position, leurs limites, leur structure et leur cause, je

[1] On peut parfaitement calculer l'épaisseur de la couche d'eau en versant sur le plateau, un volume ou un poids connu de liquide et réaliser l'identité d'épaisseur pour des expériences comparatives.

Ainsi, sur un plateau de 41c,5 de diamètre, une couche d'eau de 2mm,5 d'épaisseur a un poids

$$p = \frac{\pi d^2}{4} e = \frac{3,1416 \times \overline{41,5}^2}{4} \times 0,25 = 338gr,16.$$

Si l'épaisseur était réduite à 2 millimètres, le poids de l'eau serait environ 271gr,33.

me propose, dis-je, de déterminer pour les plateaux circulaires, de diamètres différents et d'épaisseurs diverses (mais uniformes dans chacun d'eux), les relations qui peuvent exister :

1° Entre les nombres de réseaux (périphériques ou excentriques) et les hauteurs des sons correspondants, ou les nombres de vibrations;

2° Entre la largeur des stries constitutives des réseaux et les nombres de vibrations des sons correspondants.

I. CORRESPONDANCE ENTRE NOS SYSTÈMES DE RÉSEAUX ET LES SYSTÈMES DE NODALES DE CHLADNI.

Avant de parler des réseaux, il ne sera pas inutile de rappeler que Chladni a distingué trois modes de vibration des plaques circulaires, donnant lieu à trois systèmes de lignes nodales : *le système diamétral*, pour lequel le plateau se partage en un nombre pair de divisions égales, accusées par autant de nodales dirigées suivant des diamètres ; *le système concentrique*, formé exclusivement de nodales disposées suivant des circonférences concentriques à celle du plateau et plus ou moins distantes les unes des autres; enfin, *le système composé*, qui est la réunion des deux précédents, lesquels peuvent exister séparément ou simultanément selon le mode d'excitation et de fixation du plateau. Nous allons voir quelle correspondance il y a entre nos systèmes de réseaux et ces systèmes de nodales.

Le premier fait à constater, c'est que les réseaux avec

leurs quadrillages ne se produisent qu'au-dessus des secteurs vibrants, auxquels ils correspondent comme les nodales de Chladni figurent les lignes de repos du plateau; ce dont il est facile de s'assurer par des expériences comparatives, faites sur la même plaque, d'abord avec le sable, puis avec l'eau.

Dans le premier cas, on obtiendra pour le son fondamental, quatre nodales formées par deux diamètres perpendiculaires entre eux (Pl. I. *fig.* 1, *a*); et, dans le second cas, on verra se produire quatre réseaux périphériques (*fig.* 1, *b*), entre les lignes nodales dont on a marqué la place, le plateau étant attaqué au même point A, dans les deux circonstances.

On verrait également, par des expériences semblables, que la même correspondance existe pour les divisions diamétrales suivantes, en 6, 8, etc. (*fig.* 2 et 3).

Toutefois, il est à noter que l'eau dont le plateau est recouvert, ayant pour effet, par cette surcharge, de diminuer la vitesse de vibration, il en résulte que chaque son obtenu dans le second cas, est abaissé d'un demi-ton ou plus, selon l'épaisseur de la couche liquide. Mais nous verrons plus loin que le rapport des intervalles des sons successifs que peut rendre un plateau, n'en est pas altéré.

Les *réseaux périphériques* correspondent donc exclusivement au *système diamétral* de Chladni, et peuvent exister isolément sur le plateau vibrant. Les plaques épaisses ne peuvent même donner que ce seul système.

Quant aux *réseaux excentriques*, ils répondent toujours au *système composé*, comme il est facile de s'en

assurer par des expériences analogues aux précédentes. Les figures 4, 5 et 6, suffiront pour montrer cette corrélation.

Remarquons ici que l'emploi du sable pour dessiner les figures acoustiques de Savart exige qu'à chaque expérience on renouvelle cette poudre. Lorsqu'on emploie une couche d'eau pour recouvrir le plateau vibrant on n'a pas à changer le liquide pour qu'une figure nouvelle puisse se produire. L'eau se prête admirablement à toutes les opérations successives. On peut même avec elle (ce qui est impossible avec le sable) faire naître à la fois plusieurs réseaux résultant d'harmoniques simultanés. Les fines cannelures se superposent aux plus larges et l'on peut voir distinctement ce double effet.

Les réseaux excentriques, pour lesquels j'ai pu prendre les hauteurs des sons, appartiennent uniquement au *premier ordre;* c'est-à-dire qu'ils sont sur un seul rang, limités extérieurement par *une seule nodale concentrique.* Les réseaux du *second ordre*, ou sur deux rangs, ne prennent naissance que pour des sons élevés et deviennent déjà d'une étude difficile que je n'ai pas encore entreprise. Je puis dire cependant qu'ils répondent au système composé de *deux nodales concentriques* (*fig.* 7). Je ne renonce pas néanmoins à ces recherches, pour les trois premiers ordres de réseaux excentriques qu'il est possible d'entreprendre avec des plateaux minces. Il serait intéressant de savoir si les relations qu'on obtiendrait s'accordent avec les formules de Sophie Germain et de Poisson, bien qu'on n'ait pas affaire ici au sys-

tème concentrique proprement dit, qu'exclut le mode de fixation du plateau par son centre.

Les deux systèmes (périphérique et excentrique) peuvent exister simultanément, par suite de la tendance de tout corps élastique à vibrer dans deux sens perpendiculaires entre eux [1]. Le premier système peut exister seul dans les notes graves, il persiste toujours avec le second dans les notes élevées. Mais, dans ce dernier cas, le second système prédomine tellement que les réseaux périphériques sont presque annihilés.

Limites des réseaux. — Les réseaux d'un même système correspondent donc bien évidemment aux ventres de vibrations du plateau; ils ont pour limites infranchissables les nodales similaires; mais ils n'atteignent leur maximum de développement que pour un coup d'archet très-énergique. On voit qu'ils sont, en quelque sorte, les *inverses* des lignes nodales de Chladni et de Savart; les uns représentent les surfaces vibrantes tout entières; les autres ne figurent que les lignes de repos, de séparation des portions vibrantes. On pourrait dire, en em-

[1] Voir, pour la coexistence des vibrations longitudinales et transversales :

Verdet : Cours de physique professé à l'École polytechnique, II, p. 104.

Jamin : Cours de physique de l'Ecole polytechnique, II, p. 530.

Desains : Leçons de physique, II, 1re section, p. 91, 101, 103 et 104.

Daguin : Traité de physique, I, p. 464, 2e édition, p. 602, 607, 611.

Il semble que l'un des mouvements ne peut exister sans l'autre. Daguin, I, p. 608.

pruntant à la photographie une comparaison, que les systèmes de réseaux sont les *positifs* dont les systèmes de nodales correspondantes seraient les *négatifs*.

Il ne sera pas inutile d'indiquer ici, comment on peut produire à volonté, les divers systèmes de réseaux périphériques ou excentriques, de fixer leur position, de déterminer leur étendue, de préciser leurs formes, de décrire leur structure et leurs évolutions.

Moyen de produire à volonté les réseaux de diverses sortes. — D'après ce qui précède, il est facile de concevoir comment on doit s'y prendre pour produire les diverses systèmes de réseaux. L'endroit attaqué par l'archet devant toujours correspondre à un ventre de vibration, il suffira de rendre fixe un autre point du plateau pour être certain d'y faire passer une nodale du système qu'on veut réaliser. Il s'agit donc de choisir convenablement ce point, ou ces points à rendre fixes : c'est ce qui va être indiqué pour les deux sortes de réseaux.

1° *Réseaux périphériques.* — Un plateau circulaire se partage toujours, par raison de symétrie, en un nombre pair de portions vibrantes. Pour obtenir la division la plus simple [1], qui correspond au son fondamental, ou à quatre secteurs vibrants, à quatre nodales, on touche, du bout du doigt, le bord du plateau, en dessous, à 45 degrés du point d'attaque avec l'archet.

Pour faire sortir le son suivant, correspondant à six secteurs, on touche le bord du plateau à 22 degrés environ du point d'attaque [2], et ainsi de suite. En général,

[1] On verra plus loin qu'il est possible de produire les divisions d'une plaque en deux parties vibrantes.

[2] On peut faire varier de plusieurs millimètres la position du

si l'on veut produire le son qui correspond à $2n$ divisions du plateau (n étant égal à 2, 3, 4, etc.), il faut rendre fixe un point du bord situé à $\frac{180°}{2n}$ du point d'attaque avec l'archet (B, *fig.* 1, 2 et 3), ou mieux, fixer deux points placés à cette même distance de part et d'autre du centre d'ébranlement. Dans ce cas, on peut se servir d'une sorte de compas en bois dont les pointes arrondies sont recouvertes de peau de chamois.

En frappant doucement le plateau en dessous, près du bord, avec un marteau de caoutchouc entouré d'ouate, on peut aussi déterminer spontanément le son fondamental, mais généralement celui-là seul.

2° *Réseaux excentriques.* — Les réseaux excentriques sont plus difficiles à produire que les périphériques : d'abord parce qu'ils ne peuvent commencer à apparaître sur le plateau vibrant que pour des sons déjà élevés; puis parce que les plateaux un peu épais ne se prêtent que difficilement à ce mode de vibration, ou s'y refusent absolument. Nous supposerons donc, dans ce qui va suivre, que l'on opère sur un plateau suffisamment mince dont l'épaisseur soit, par exemple, de $0^m,0019$ et le diamètre de $0^m,415$.

Pour faire apparaître les réseaux excentriques avec ce plateau, il faut le toucher du doigt, ou plutôt de l'ongle du pouce, en dessous, *sur la direction du rayon passant sur le point d'attaque.* Ce point doit correspondre à la nodale concentrique unique qui existe dans ce cas (*fig.* 4, 5, et 6). Ici, on ne peut, du moins en commençant,

point fixe B, sans qu'il se produise de modification bien sensible dans la hauteur du son rendu et dans la forme ou la position des réseaux correspondants.

procéder à coup sûr, comme pour les réseaux périphériques; mais en faisant glisser le bout du doigt sur le plateau, depuis la distance de $0^m,040$ environ, jusqu'au bord, on produira avec l'archet, les différents systèmes de réseaux et l'on aura bientôt trouvé et marqué les points fixes qui correspondent à chacun d'eux, que l'on pourra alors faire naître à volonté.

Comme je l'ai dit, pour les réseaux périphériques, il est plus sûr, quand les réseaux doivent être nombreux, de fixer deux points au lieu d'un. Ces points doivent être évidemment placés symétriquement par rapport au rayon passant par le point d'attaque. Les deux doigts suffisent généralement, mais on peut aussi employer les branches du compas ouaté dont il a été question.

Ainsi, avec le plateau mis en expérience, il faut rendre fixe un point situé à :

35^{mm}	environ[1]	du bord	pour le	système de	4 réseaux
30	—	—	—	6	—
24	—	—	—	8	—

C'est-à-dire que les nodales concentriques correspondantes, formant la ligne de séparation des deux sortes de réseaux simultanés, ont respectivement pour rayon approximatif :

r	$= 0^m,173$	pour le système de	4	réseaux
r'	$= 0^m,177$	—	6	—
r''	$= 0^m,181$	—	8	—

Il faut remarquer que nous n'avons pas ici, je le

[1] On peut faire varier d'un à deux milimètres, la position de ce point sans que le son cesse de se produire et par suite les réseaux correspondants.

répète, le système concentrique proprement dit, et que, par conséquent, les valeurs trouvées pour les rayons des nodales du premier ordre, ne peuvent pas, ce me semble, s'appliquer aux réseaux excentriques, qui se rattachent au système composé.

On peut encore produire le système de quatre réseaux excentriques en frappant le plateau en dessous vers la moitié du rayon, avec le marteau en caoutchouc ouaté; le liquide peut même sauter en sphérules si le coup est assez énergique, mais on ne peut obtenir, par ce moyen, que le système de quatre réseaux [1].

Position, étendue et formes des réseaux. — Lorsque les réseaux des deux sortes sont produits simultanément, ils se correspondent toujours deux à deux dans le même secteur (*fig.* 4, 5 et 6), et sont par conséquent en même nombre.

Les réseaux excentriques du premier système, au nombre de quatre, ont une étendue assez considérable, car ils occupent la majeure partie de la zone où ils se

[1] Lorsqu'avec un marteau en caoutchouc on frappe sous un plateau circulaire (en tôle, fer-blanc ou verre), muni de sa couche liquide de deux ou trois millimètres d'épaisseur, on voit se produire des sphérules qui sautent obliquement hors du liquide (à des hauteurs qui dépendent de l'énergie du choc, hauteurs de 2 à 10 centimètres selon les cas) et roulent à sa surface pendant plusieurs secondes (2 à 5). Si l'on opère avec de l'alcool concentré et si l'on frappe le plateau de manière à produire quatre réseaux excentriques, c'est-à-dire environ à la moitié du rayon, les sphérules se forment en plus grand nombre, roulent plus longtemps et plus loin, allant en zig-zag, de tous côtés, le plus souvent vers le centre du plateau. Un coup d'archet énergique peut faire sauter le liquide à plus de 10 centimètres au dessus du plateau et en dehors de lui.

forment. Ils peuvent avoir jusqu'à 10 ou 11 centimètres dans le sens du rayon et 13 à 18 centimètres dans le sens perpendiculaire avec le plateau précité (pl. II, *fig.* 11 au tiers de grandeur naturelle).

Les systèmes de 6 et de 8 réseaux excentriques n'offrent rien de particulier, si ce n'est qu'ils diminuent en étendue à mesure qu'ils augmentent en nombre et que leur ensemble se rapproche de plus en plus de la circonférence du plateau. Enfin, pour une certaine position du point fixe, position qui dépend de la minceur du plateau, on voit naître un deuxième rang de réseaux, assez rapprochés du centre et dont les *figures* 7, *a* et *b*, sont les représentations, pour le sable et pour l'eau.

Les réseaux excentriques tendent vers la forme elliptique dont les grands axes sont perpendiculaires aux rayons du plateau. Leur centre de figure (que les réseaux aient ou non tout leur développement), sont situés, pour chaque système, sur une même circonférence concentrique à celle du plateau, ayant un rayon d'environ,

0m,107	pour le système de	4	réseaux	
0m,112	—	6	—	
0m,118	—	8	—	
0m,128	—	10	—	
0m,142	—	12	—	etc.

Tous les réseaux excentriques sont quadrillés comme les périphériques et offrent les mêmes phases d'évolution. Quelquefois on voit dans un réseau du premier

système et dans son symétrique des courbes circulaires ayant un centre commun bien marqué, tandis que les deux autres réseaux également symétriques ont une forme presque rectangulaire mais tendant vers l'ellipse, avec quadrillage.

Pour tous les réseaux simultanés, périphériques et excentriques, les largeurs des stries sont les mêmes, et leur structure paraît identique, ce qui n'a rien que de très-naturel, puisque toutes les parties du plateau vibrent à l'unisson, du moins pour le son prédominant que l'on considère. Nous verrons plus loin comment on a pu mesurer les longueurs des stries et quel rapport il y a entre elles et les hauteurs des sons correspondants.

Evolution des cannelures en stries et en quadrillages. — Bien que, pour la question présente, ce soit le nombre ainsi que la disposition, et non la régularité ou la beauté des réseaux qu'il faille considérer, je dirai néanmoins quelques mots de la formation des stries et de leur évolution en réseaux quadrillés, en les faisant précéder de quelques considérations générales.

Les figures acoustiques de Savart, tout en gardant la trace des positions des nodales, ne pouvaient faire soupçonner, avons-nous dit, les formes vibratoires élémentaires des plaques. Le liquide, au contraire, en couche mince, reproduit avec une grande netteté les moindres plis de la plaque vibrante et circonscrit parfaitement les contours des surfaces en mouvement, surtout celles qui ne se produisent ailleurs que sur les bords. Les plus fines stries qui n'ont que des fractions de millimètre de lar-

geur, sont dessinées par l'eau avec une délicatesse extrême, ravissante [1].

Chladni s'extasiait en regardant les configurations produites par le sable sur les plaques métalliques vibrantes, figures que personne, dit-il, avec un certain orgueil, n'avait vues avant lui. S'il eût pu observer les délicates et incomparables rides de l'eau, de l'alcool, ou du mercure, sur la plaque de verre, il eût été bien autrement émerveillé.

Le seul regret qu'on éprouve en admirant ces belles stries, ces magnifiques réseaux, dans leurs évolutions et leur développement, c'est de les voir s'évanouir presque aussitôt après leur apparition, qui ne dure généralement qu'une ou deux secondes, et quelquefois une minime fraction de seconde, selon l'étendue, l'épaisseur de la plaque vibrante et la hauteur des sons rendus. Il est vrai qu'on peut les faire réapparaître immédiatement, à chaque coup d'archet, et autant de fois qu'on le veut, sans avoir besoin, comme pour le sable, d'enlever le résidu et de semer de nouveau la poudre à chaque expérience.

On pourrait, à la vérité, reproduire par la photographie instantanée, ces réseaux délicats et fugitifs, saisis

[1] Je citerai ici une expérience relative à la sensibilité comparative du sable et de la couche d'eau sur les plaques élastiques.

En appuyant le diapason vibrant contre un plateau de verre de 40 centimètres de diamètre, recouvert d'une couche de sable, celui-ci n'est pas déplacé et ne vibre pas; tandis qu'avec une couche d'eau, il se forme des stries étendues et très-apparentes. La couche d'eau est donc bien plus sensible que le sable le plus fin.

à un instant donné d'une phase de développement; mais ce qu'on ne peut rendre, ce qui échappe à toute description verbale ou graphique, c'est le mouvement particulier, le frémissement du liquide, ses évolutions pour arriver à la formation d'ondes croisées, quadrillées, qui d'abord n'occupent que le pourtour du plateau vibrant, puis s'élancent en pointes symétriques, en espèces de feuilles dont les extrémités délicates, sont comme estompées; ces ondes qui envahissent presque entièrement la plaque, pour le son fondamental, s'élèvent, sur les bords en vagues coniques au-dessus de la surface de niveau, ou même se détachent de la plaque, en gouttelettes qui roulent vers le centre ou retombent en dehors.

Un mode approprié de projection peut seul suppléer à l'observation directe du phénomène et le rendre visible à un nombreux auditoire.

Essayons cependant de donner une idée de la forme générale de ces ondes si variées dans leurs évolutions, même pour un son unique, depuis l'origine de leur production jusqu'à leur évanouissement, après avoir passé et repassé par diverses phases et par un maximum.

Nous supposerons d'abord que l'expérience se fait avec un plateau de verre mince, circulaire, de $0^m,40$ de diamètre, aussi plan, aussi homogène et d'épaisseur aussi uniforme qu'il a été possible de le trouver; fixé par son centre et recouvert d'une couche d'eau de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Attaquons-le par sa tranche, en donnant un très-faible coup d'archet de manière à faire sortir doucement le son fondamental. Aucune ride n'apparaît encore sur la

surface du liquide. En appuyant un peu sur l'archet, on voit naître, aux quatre points opposés, des cannelures simples, le plus souvent sur un seul rang, occupant presque toute la circonférence du disque; elles sont allongées de plus d'un centimètre de longueur et dans la direction des rayons, toutes contiguës, d'une largeur qui paraît être d'environ $0^m,002$.

En donnant un peu plus de force au coup d'archet, sans toutefois changer la hauteur du son rendu, ces longues rides éprouvent une *torsion* sensible et paraissent animées d'un mouvement oscillatoire qui leur donne la forme *d'ondes sinueuses* en S (pl. II, *fig.*12), de plus en plus fermées.

L'énergie du coup d'archet augmentant progressivement, on observe dans les cannelures les plus voisines du centre de vibration, une *segmentation* en deux ou plusieurs autres cannelures, plus élevées que les premières. Un coup d'archet plus fort détermine des stries parallèles entre elles, tantôt en lignes courbes assez régulières, tantôt en lignes sinueuses, puis en réseaux quadrillés où l'on distingue encore les cannelures marginales, mais diminuées de longueur, plus ou moins tordues, et un quinconce d'ondes croisées, tantôt obliques, tantôt perpendiculaires entre elles; mais approchant d'autant plus de cette dernière disposition, que le réseau formé est plus régulier, la largeur des stries demeurant constante, si le son n'a pas changé de hauteur.

Les extrémités des réseaux ressemblent à des feuilles lancéolées, d'une grande délicatesse. Ces espèces de vagues mourantes ne sont, en quelque sorte, que les ombres des stries du pourtour.

Enfin quand, par un coup d'archet suffisamment énergique, les réseaux sont arrivés à leur complet développement, ils envahissent presque toute la surface du plateau.

Si l'on poussait plus loin encore l'expérience, le liquide énergiquement ébranlé par un coup d'archet vif et court (ou par le choc d'un marteau en caoutchouc), se détacherait en sphérules dont les unes rouleraient vers le centre et d'autres sauteraient hors du plateau [1].

Lorsque l'excitation a cessé, les réseaux, après avoir atteint leur maximum, repassent, en sens inverse, par les mêmes phases qu'ils avaient suivies dans leur développement.

— Après le son fondamental qui détermine la division du plateau en quatre secteurs vibrants, le son qu'on obtient le plus facilement ensuite et même spontanément (car le plateau a la plus grande tendance à le produire quand on le fait vibrer sans rendre fixe aucun de ses points), est celui qui correspond à la division en six parties égales.

Pour ce son et pour les suivants, les mêmes évolutions se présentent, mais elles sont de plus en plus difficiles à observer, à cause de la petitesse des cannelures et de leur durée de plus en plus courte, à mesure que le son s'élève. Mais en examinant attentivement la forme

[1] Avec un petit plateau de verre à pied, de $0^m,175$ de diamètre et de $0^m,0015$ d'épaisseur, couvert d'une mince couche d'eau répandue sur un tiers de sa surface, excité par un coup d'archet très-fort et très-rapide (l'archet étant retiré vivement), on voit toute une nappe d'eau s'élever en gouttes, à près de $0^m,20$ de hauteur. Sur ce même plateau, on peut faire sauter le sable à plusieurs centimètres de hauteur.

des réseaux complets, en chacun de ces cas, on y retrouve toujours la disposition qui a été facilement constatée pour le son fondamental.

Il est à remarquer cependant, qu'à mesure que les réseaux périphériques augmentent en nombre, leur longueur et leur largeur diminuent et qu'ils tendent vers la forme demi-circulaire dont le centre serait sur les bords du plateau.

L'évolution des réseaux excentriques est encore plus difficile à saisir que celle des réseaux périphériques, eu égard à la soudaineté de leur apparition et à leur très-courte durée. Au plus faible coup d'archet capable de leur donner naissance ils sont assez étroits, formés d'un petit nombre de cannelures entrecroisées obliquement. Un coup plus fort leur donne de l'étendue. Un coup plus rapide, suffisamment énergique, montre les stries perpendiculaires entre elles et les contours de chaque réseau assez nettement limités en cercle ou en ellipse, par des courbes sécantes entre elles et tournant leur convexité vers l'intérieur du réseau.

Ces lignes forment par leurs nombreuses intersections, une sorte de *courbe enveloppe* (espèce de bourrelet produit par le refoulement des ondes émanant du centre du réseau) qui donne à l'ensemble, une forme bien déterminée (pl. I, *fig.* 10). Ces courbes sécantes ne sont peut-être pas sans rapport avec les *vibrations tournantes* qu'on observe dans les corps solides, en tiges plus ou moins allongées.

J'ai dit précédemment que les réseaux excentriques étaient identiques pour la structure, aux réseaux périphé-

riques; on voit en effet qu'ils n'en diffèrent que par la forme.

On peut, dans certains cas, produire simultanément deux systèmes de réseaux voisins, par exemple, ceux de 4 et de 6 ou de 6 et de 8. Alors, comme je l'ai déjà fait remarquer, les stries correspondantes se superposent distinctement et même sur une assez grande étendue; résultat qui peut servir à la mesure comparative des stries de différents systèmes.

Cause de la production des réseaux liquides. — Pour expliquer la production des quadrillages constitutifs des réseaux, il faut admettre ou que les réseaux sont uniquement dus aux vibrations longitudinales et transversales du liquide et non directement à celles du plateau; ou qu'ils sont la représentation fidèle des formes vibratoires des parties sous-jacentes du plateau.

Dans le premier cas, le liquide reçoit le mouvement oscillatoire dans le sens diamétral seulement et vibre spontanément dans une direction perpendiculaire à la première, par une propriété qui serait alors commune aux liquides et aux solides. Les formes vibratoires du plateau, ne seraient pas nécessairement celles du liquide qui le recouvre et l'on ignorerait alors la relation qui peut exister entre ces deux sortes de mouvements.

Dans le second cas, l'explication est très-simple. D'abord, il est clair que le coup d'archet perpendiculaire à la tranche du plateau a pour effet :

1° De déterminer la division du plateau en secteurs symétriques, le mouvement oscillatoire se propageant à droite et à gauche du point d'attaque, suivant des ondes

sinueuses, comme celles qu'on peut observer sur une corde, sur les bords d'un large vase vibrant qui contient du liquide et même sur une plaque;

2° De produire en même temps un mouvement alternatif de haut en bas, mouvement qui, combiné au précédent, donne lieu au système composé; ce qui explique très-naturellement les réseaux excentriques, lesquels appartiennent à ce système.

D'autre part, les réseaux périphériques qui naissent du système diamétral, ont même texture réticulaire que les excentriques et doivent par suite avoir la même cause. D'ailleurs on sait qu'avec les corps solides, le mouvement vibratoire produit dans un sens, en engendre un autre perpendiculaire au premier. De là l'explication des quadrillages rectangulaires qu'offre le liquide au-dessus des surfaces vibrantes.

De ce fait, bien connu, qu'un diapason vibrant, posé par sa queue sur une table ou sur un corps solide quelconque, fait entendre un son qu'on percevait à peine auparavant, on conclut que la communication de mouvement s'est faite par vibrations longitudinales, bien qu'on n'ait provoqué dans l'instrument que des vibrations transversales.

Ainsi, dans un plateau, comme dans les autres corps solides vibrants, les deux sortes de vibrations longitudinales et transversales coexistent; seulement les unes peuvent dominer ou effacer plus ou moins complétement les autres, suivant le mode d'excitation et l'énergie du coup d'archet.

On verra plus loin, comment à l'aide d'une poudre insoluble, délayée dans l'eau, on peut fixer les stries des

réseaux mobiles; mais je puis, dès à présent, citer une expérience dans laquelle les stries constitutives des réseaux produites par le dépôt de cette poudre, ne se forment nettement que quand elle est bien en contact avec la plaque vibrante et que la couche d'eau est très-mince, quoique dans tous les cas, le liquide présente les mêmes formes réticulaires.

Cette poudre produit ici un effet analogue à celui du sable répandu sur la plaque qui a cessé de vibrer. Ce quadrillage, malgré la finesse des détails, malgré cette sorte d'analyse du phénomène, ne montre pas encore les beaux effets des ondes liquides en mouvement; ce n'est encore que le phénomène vu à *l'état statique*. Il faut donc pour en avoir une idée exacte, l'observer, comme je l'ai dit, à l'état *dynamique*, sur la couche liquide elle-même, pendant son mouvement vibratoire.

C'est ce qui explique pourquoi l'aspect des réseaux liquides n'est pas le même que celui des stries déposées en lacis linéaire par la poudre employée.

Une autre cause contribue encore à ce changement d'aspect : Le liquide mis en mouvement par le plateau, non-seulement reproduit les formes vibratoires des surfaces sous-jacentes, mais, à cause de son extrême mobilité, il prolonge les réseaux, en déterminant à leur suite, par son mouvement acquis, des ondes successives, formant ces apparences de feuilles lancéolées et comme estompées à leurs extrémités, dont il a été question précédemment.

Ce dernier phénomène s'observe avec tout son développement à la surface de l'eau contenue dans un vase mis en vibration. On le voit aussi, lorsqu'on plonge

dans le liquide les extrémités d'un diapason vibrant, ou celles d'une tige, d'une lame, ou le bord d'un plateau ou une partie de corde vibrante.

Dans ces diverses circonstances, il est évident que ce sont les vibrations du liquide lui-même qui, se propageant à distance, engendrent ces longues cannelures et ces rides si délicates que l'on observe alors.

Revenons maintenant à notre sujet. Les deux mouvements vibratoires coexistent donc dans les plateaux circulaires excités au moyen de l'archet et fixés par leur centre. Le mouvement diamétral domine dans les sons graves, tandis que le mouvement concentrique l'emporte dans les sons élevés, le système diamétral étant alors presque annulé. L'expérience montre en effet, que jusqu'à la division du plateau en dix secteurs vibrants, on ne voit que des réseaux périphériques, tandis qu'au delà les réseaux excentriques priment les périphériques à tel point que ceux-ci sont à peine visibles, formant une mince bordure, quand les autres (surtout ceux du premier système), envahissent la majeure partie du plateau.

En un mot, nous considérons les réseaux liquides des deux sortes comme représentant les formes vibratoires du plateau lui-même.

Dans cette manière de voir, qui nous semble la plus rationnelle en ce qu'elle rend parfaitement compte des résultats de l'observation, les stries figurent les nœuds de vibrations et peuvent servir à déterminer les longueurs d'ondes des sons correspondants. Nous verrons plus loin la relation qui existe entre les largeurs des stries et les nombres de vibrations.

L'étude des membranes a montré qu'elles pouvaient

vibrer sous l'influence sinon de tous les sons, du moins d'un très-grand nombre [1]. L'eau en couche mince sur un plateau de verre, n'est-elle pas aussi comme une membrane, douée d'une grande sensibilité et pouvant vibrer pour ainsi dire à tous les sons? Est-il étonnant d'après cela, qu'elle reproduise fidèlement les formes vibratoires des parties sous-jacentes? Les grandes ondulations des lignes nodales des membranes nous montrent exagérées les formes vibratoires qui doivent se produire dans une plaque de verre ou de métal. Ces faits viennent donc à l'appui de notre manière de voir relativement à l'explication des formes vibratoires des plateaux.

Représentation de l'état vibratoire. — Cherchons maintenant à nous représenter l'état vibratoire du plateau en expérience. Pour cela, supposons d'abord qu'il rende le son fondamental, c'est-à-dire qu'il se divise spontanément, sous l'action de l'archet, en quatre secteurs symétriques. Soient toujours A le point d'attaque et B le point fixe. Le secteur 1 (pl. I, *fig.* 8) supposé vibrant de haut en bas, communique aux secteurs voisins 2 et 4 un mouvement de bas en haut qui s'accomplit en même temps pour ces deux derniers, lesquels, à leur tour, communiquent simultanément le mouvement de haut en bas au secteur 3. Ces quatre portions du cercle vibrent d'ailleurs à l'unisson, puisqu'elles sont égales et que leurs mouvements sont corrélatifs, mais elles conservent leurs différences de phases. De même, quand le plateau se partage en 8 (*fig.* 9), le mouvement se trans-

[1] *Annales de chimie et de physique,* 3e série LXVI, 449 (1860), Mémoire de MM. Bourget et Bernard sur les *Membranes carrées.*

met du secteur 1 aux secteurs 2 et 8 et de ceux-ci à 3 et à 7, puis à 4 et à 6 et de là à 5. Toutes ces portions de la plaque vibrent à l'unisson, en conservant leurs différences de phases; nous en verrons plus loin la conséquence.

Indépendamment de ce mouvement général, chaque secteur se subdivise (comme le ferait une corde), en secteurs élémentaires vibrants, ce qui rend compte des cannelures dirigées dans le sens des rayons et disposées d'abord au pourtour, puis s'étendant d'autant plus loin vers le centre que l'ébranlement a été plus fort.

Mais on sait qu'un corps ne peut vibrer énergiquement dans un sens sans vibrer en même temps dans un sens perpendiculaire au premier; de là l'explication des stries concentriques simultanées.

Les *figures* 14 et 15 (pl. II), représentent le développement de la circonférence d'un plateau partagé successivement en 4 et en 8 secteurs.

Quand la plaque vibre en produisant des réseaux détachés du bord et sur un ou plusieurs rangs, son plissement se fait alors d'une manière plus marquée suivant des circonférences concentriques à celle du disque.

Les *figures* 16, 17 et 18 montrent les coupes diamétrales de cet état vibratoire, pour une, deux ou trois nodales concentriques. Dans le tracé des lignes, on a dû nécessairement exagérer les ordonnées afin de pouvoir rendre plus apparentes les sinuosités figuratives du mouvement.

On peut donc dire que les deux systèmes de vibrations coexistent toujours; mais que l'un des systèmes peut dominer l'autre ou même l'effacer, suivant le mode

d'excitation et de fixation du plateau. Ainsi s'expliquent toutes les particularités du phénomène, en admettant que les réseaux liquides représentent les formes vibratoires sous-jacentes du plateau soumis à l'expérience.

II. RELATIONS ENTRE LE NOMBRE DES RÉSEAUX ET LA HAUTEUR DES SONS CORRESPONDANTS.

A chaque système de réseaux nettement formés, correspond un son d'autant plus élevé que le nombre des réseaux simultanés est plus considérable.

L'expérience démontre qu'en faisant vibrer un plateau, soit à vide, soit muni de sa bordure de cire, soit recouvert d'une couche de liquide plus ou moins épaisse, *les intervalles* entre les sons correspondant aux mêmes systèmes de réseaux ne sont pas changés, bien que le son baisse nécessairement (d'un demi-ton environ) par l'addition du liquide sous l'épaisseur ordinaire [1].

On peut donc, sans inconvénient, augmenter ou diminuer la couche d'eau de manière à obtenir des sons qui coïncident, très-sensiblement, avec les notes d'un

[1] Il est à remarquer que la couche d'eau n'intervient pas ici comme faisant partie de l'épaisseur du plateau (ce qui d'après une loi connue, en élèverait le son), mais au contraire, comme une surcharge, une entrave qui ralentit la vitesse du corps vibrant et, par suite, abaisse la hauteur des sons.

Le plateau de verre est d'autant plus sensible à l'archet que la couche d'eau est plus mince, tout en restant continue et complète.

instrument à sons fixes. Mes expériences ont été faites à l'aide d'un piano accordé sur le $la_3 = 870^{v.s}$.

Pour déterminer la hauteur des sons correspondant aux diverses subdivisions d'un même plateau en 4, 6, 8, etc. secteurs vibrants, on ne changeait évidemment ni l'eau ni la position des cales qui maintenaient le plateau horizontal; la couche liquide conservait donc la même épaisseur uniforme pour une même série d'expériences comparatives.

Bien que les conclusions des présentes recherches aient pour bases les résultats d'expériences faites avec des plateaux épais, en verre à glace, j'y joins néanmoins ceux que j'ai obtenus avec des plateaux minces (choisis toutefois d'épaisseur assez uniforme et bien plans), de diverses dimensions, parce qu'ils concordent très-sensiblement les uns avec les autres, comme on peut le voir dans le tableau suivant.

A. *Relations entre les nombres de* **réseaux périphériques** *et les nombres de vibrations ou les hauteurs des sons correspondants, rendus par des plateaux de verre circulaires, uniformément recouverts d'une couche d'eau de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.*

N° du plateau	DIMENSIONS DU PLATEAU : diamètre	DIMENSIONS DU PLATEAU : Épaisseur moyenne	HAUTEUR DES SONS	NOMBRE DE RÉSEAUX : 4	6	8	10	12	14	16
I	0m,380	0m,0016 (1)		si_{-1}	$ut_2^{\text{dièse}}$	si_2	$fa_3^{\text{dièse}}$	$ut_4^{\text{dièse}}$	$fa_4^{\text{dièse}}$	$< si_4$
II	0m,380	0m,0022		$ré_1$	mi_2	$ré_3$	la_3	mi_4	la_4	$ré_5$
III	0m,350	0m,0023		fa_1	sol_2	fa_3	ut_4	sol_4	ut_5	fa_5
IV	0m,462	0m,0037		fa_1	sol_2	fa_3	ut_4	$< sol_4$		$< fa_5$
V	0m,416	0m,0031		$fa_1^{\text{dièse}}$	$sol^{d.}{}_2$	$fa_3^{\text{dièse}}$	$> ut^{d.}{}_4$	sol_4	$> ut_5$	fa_5
VI	0m,415	0m,0017		$fa^{d.}{}_1$	sol_2	$< fa^{d.}{}_3$	$> ut^{d.}{}_4$	$< sol^{d.}{}_4$	$< ut_5$	fa_5
VII	0m,380	0m,0029		$sol^{d.}{}_1$	$la^{d.}{}_2$	$sol^{d.}{}_3$	$ré^{d.}{}_4$	la_4	$ré_5^{\text{dièse}}$	$sol_5^{\text{dièse}}$
VIII	0m,415	0m,0022		$la_1^{\text{bémol}}$	$si_2^{\text{bémol}}$	$la_3^{\text{bémol}}$	$< mi_4$	$< si_4^{\text{bémol}}$	$ré^{d.}{}_5$	$la_5^{\text{bémol}}$
IX	0m,416	0m,004 (1)		si_1	$ut^{d.}{}_2$	si_3	$fa^{d.}{}_4$	$ut^{d.}{}_5$	$fa^{d.}{}_5$	$< si_5$

(1) Si la loi connue $\frac{n}{n'} = \frac{ed'^2}{e'd^2}$ entre les nombres de vibrations, les épaisseurs et les diamètres, n'est pas observée ici, cela tient à ce que la couche d'eau employée n'ayant pas la même épaisseur, dans tous les cas, deux plateaux de dimensions différentes peuvent, à volonté, rendre des sons de même hauteur ou non, suivant l'épaisseur de la couche liquide qui les recouvre.

L'expérience ayant démontré que les intervalles des sons correspondant aux réseaux de même système ne sont pas changés quand on fait varier la couche d'eau, j'ai usé de cette latitude pour obtenir des sons variés avec les divers plateaux et surtout pour mettre le son fondamental, ou le suivant, à l'unisson d'une note du piano qui a servi aux expériences.

Après les expériences précédemment relatées, j'ai eu l'occasion d'en faire d'autres avec un plateau de verre de grandes dimensions; ce plateau, destiné à une machine électrique ordinaire, avait $0^m,654$ de diamètre et $0^m,0031$ d'épaisseur; j'en ai profité pour vérifier les résultats que j'avais obtenus avec des plateaux comparativement beaucoup plus petits.

L'expérience a non-seulement confirmé l'exactitude de mes premiers résultats, mais elle m'a permis d'étendre et de généraliser, avec plus de certitude encore, les relations précédemment trouvées. J'ai pu produire assez facilement avec ce plateau, toutes les divisions symétriques, en nombre pair (excepté celles de 22, 26 et 30) jusqu'à 32 secteurs vibrants, et déterminer avec exactitude les hauteurs des sons correspondants.

Le plateau fixé par son centre, rendait à vide, comme son fondamental, la note mi_{-1} ($80^{v.s}$, 781, gamme tempérée), correspondant à la division en quatre secteurs, ou à quatre réseaux périphériques. Pour les divisions suivantes on avait :

nombres de
réseaux : 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 28, 32.

Hauteur des
sons : mi_{-1}, $fa_1^{\text{dièse}}$, mi_2, si, $fa^{\text{d}}{}_3$, si_3, mi_4, sol_4, si_4 fa_5, si_5, $< mi_6$

On tire de ce tableau, ainsi que de celui qui a été dressé d'après des expériences faites avec des plateaux plus petits, les conclusions suivantes qui peuvent être regardées, après cette vérification, comme tout à fait générales, pour les plateaux de verre circulaires, de toutes dimensions.

NOMBRES DE RÉSEAUX PÉRIPHÉRIQUES ou de secteurs vibrants.	INTERVALLES MUSICAUX.
1° de 4 à 8 6 12 8 16 10 20 12 24 14 28 16 32 . . . . . . de 2n à 4n (n = 2, 3, 4, 5...)	Une seizième (*Deux octaves*).
2° de 4 à 6 8 12 12 18 16 24 . . . . . . de 2n à 3n (n = 2, 4, 6, 8...)	Une neuvième.
3° de 10 à 14 14 20 . . . . . . de 2n à 3n — 1 (n = 5, 7...) de 20 à 28 . . . . . . de 2n à 3n — 2 (n = 2, 5; 2, 7...)	Une huitième (*Une octave*).

NOMBRES DE RÉSEAUX PÉRIPHÉRIQUES ou de secteurs vibrants.		INTERVALLES MUSICAUX.
4°	de 6 à 8 12 16 18 24 24 32 ..... de 3 n à 4 n (n = 2, 4, 6, 8...)	Une septième.
5°	de 8 à 10 10 12 ..... de 2 n à 2 n + 2 (n = 4, 5...) de 10 à 20 20 24 2 n à 2 n + 2.2 (n = 2, 4; 2, 5...)	Une quinte.
6°	de 12 à 14 14 16 ..... 2 n à 2 n + 2 (n = 6, 7...) de 24 à 28 28 32 ..... 2 n à 2 n + 2.2 (n = 2, 6; 2, 7...)	Une quarte.

Voir (pl. III), le tableau synoptique de ces relations générales avec les intervalles musicaux disposés proportionnellement à leurs grandeurs réelles, ce qui en donne une idée d'ensemble facile à saisir.

Ces relations entre les nombres de réseaux (ou de nodales) et les intervalles musicaux montrent une régularité qui, à elle seule, constitue déjà une loi. On voit de plus que les nombres de réseaux simultanés étant :

	4,	8,	16,	32,
ou comme	1,	2,	4,	8,

les nombres des vibrations des sons correspondants sont entre eux comme :

1,	4,	16,	32,

c'est-à-dire que dans ce cas, où l'on procède par octaves : *les nombres de vibrations sont proportionnels aux carrés des nombres de réseaux.* Mais cette loi peut être étendue aux autres intervalles, quoiqu'avec moins de justesse, car pour ceux-ci, il est difficile d'évaluer exactement les nombres de vibrations, les sons obtenus se trouvant quelquefois compris entre deux notes consécutives de la gamme tempérée. Le tableau suivant, montre cette relation.

NOMBRES DE RÉSEAUX r	NOTES	NOMBRES de VIBRATIONS n	RAPPORTS des nombres de réseaux $\frac{r}{r'}$	RAPPORTS des nombres de vibrations. $\frac{n}{n'}$	$\sqrt{\frac{n}{n'}}$	DIFFÉRENCES $\frac{r}{r'} - \sqrt{\frac{n}{n'}}$	OBSERVATIONS
							GAMME TEMPÉRÉE
4	$fa_1^{dièse}$	182,895					$la_3 = 870$ vib. sim.
			$\frac{3}{2} = 1,5$	$\frac{410,585}{182,895} = 2,2449$	1,499	— 0,001	
6	$sol_2^{d.}$	410,585					
			$\frac{4}{3} = 1,333...$	$\frac{731,520}{410,585} = 1,7817$	1,334	+ 0,001	(') entre $ré_4 = 1161^{v.s}$ 310
8	$fa_3^{d.}$	731,580					
			$\frac{5}{4} = 1,25$	$\frac{1127,132}{731,580} = 1,5406$	1,241	— 0,009	et $ut_4^{dièse} = 1096,132$
10	$> ut_4^{d.}$ (')	1127,132					plus près de
			$\frac{6}{5} = 1,2$	$\frac{1642,342}{1127,132} = 1,4571$	1,207	+ 0,007	$ut_4^{d.}$ que de $ré_4$
12	$sol_4^{d.}$	1642,342					
			$\frac{7}{6} = 1,166...$	$\frac{2254,264}{1642,342} = 1,3726$	1,171	+ 0,005	(") octave de 1127,132
14	$> ut_5^{d.}$ (")	2254,264					
			$\frac{8}{7} = 1,143...$	$\frac{2926,320}{2254,264} = 1,2981$	1,139	— 0,004	
16	$fa_5^{d.}$	2926,320					

On va voir que la loi précédemment énoncée est susceptible d'une vérification expérimentale très-simple. En effet, lorsqu'un plateau circulaire est en vibration, tous les secteurs symétriques, en lesquels il se divise spontanément, vibrent à l'unisson. D'autre part, à chaque réseau périphérique correspond un secteur. Il résulte de là que si les nombres de réseaux sont proportionnels aux racines carrées des nombres de vibrations des sons correspondants, il doit en être de même des secteurs considérés isolément, ce qui constitue un moyen de vérifier expérimentalement la loi précédente. Pour faire cette vérification, il suffisait de prendre successivement les hauteurs des sons rendus par un plateau entier, par sa moitié, son quart, son huitième, ce qui était facile à faire.

J'ai trouvé en effet, que les divisions successives d'un plateau d'abord entier, puis coupé en 2, 4, 8 secteurs égaux, donnaient chacun la double octave du secteur précédent. La même opération répétée avec un secteur d'un nombre quelconque de degrés donnant des résultats analogues, la loi peut donc être regardée comme générale.

Ainsi, $\frac{s}{s'}$ représentant le rapport des nombres de secteurs d'un même cercle, $\frac{n}{n'}$ le rapport des nombres de vibrations des sons correspondants, on a :

$$\frac{s}{s'} = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n'}}.$$

Or, comme on a évidemment aussi :

$$\frac{s}{s'} = \frac{r}{r'}; \text{ donc } \frac{r}{r'} = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n'}}$$

telle est la vérification annoncée.

Enfin, après ces preuves, il ne sera pas inutile de faire observer que j'ai souvent trouvé avec divers plateaux, des notes un peu différentes de celles qui ont été prises pour types, les écarts étant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, comme on le voit d'ailleurs sur le tableau précédent où les différences sont alternativement de signes contraires.

Il ne faut pas oublier aussi que, dans nos expériences, l'élasticité est en jeu et que ses lois n'ont pas, dans les applications, une rigueur absolue, l'homogénéité des plateaux n'étant point parfaite et leur épaisseur présentant toujours quelques différences en leurs divers points.

Pour toutes ces raisons, je crois pouvoir conclure de ce qui précède que la loi énoncée doit être considérée comme vraie et aussi générale que peut l'être une loi physique portant sur un tel sujet.

Quelques remarques trouvent ici leur place.

a. Nous avons vu qu'avec les plateaux d'épaisseur uniforme, l'intervalle entre les sons qui correspondent à quatre et à six réseaux est toujours d'*une neuvième* (un ton au-dessus de l'octave); mais quand cette épaisseur ne présente pas une suffisante uniformité, l'intervalle est d'*une dixième* et même d'*une onzième;* alors, dans ces deux dernières circonstances, en passant de 6 à 8 réseaux, le son ne monte plus que d'*une sixième*, dans le premier cas, et d'*une quinte* dans le second, de manière à former toujours entre 4 et 6 puis entre 6 et 8 réseaux, des intervalles dont la somme soit égale à une *seizième* ou deux octaves.

b. Il est à remarquer qu'il n'y a pas de sons possibles

entre ceux qui donnent lieu à 4 et à 6 réseaux [1], de même qu'il n'y en a pas entre 6 et 8 réseaux, quoique les intervalles compris entre ces notes soient considérables. Il y a bien dans ces différents cas, et dans leurs analogues, quelques sons de transition, anharmoniques, discordants; mais ce ne sont pas des sons véritablement musicaux et fixes. Il semble que quand ils se produisent, le plateau se partage irrégulièrement. C'est dans ces conditions qu'il arrive parfois que les plateaux se fendent sous le coup d'archet.

c. Il est difficile, je dirai presque impossible, d'obtenir avec un plateau de $0^m,40$ de diamètre, épais ou mince, le son fondamental complétement débarrassé d'harmoniques (supérieurs ou inférieurs); ainsi, avec le son fondamental (correspondant à 4 réseaux), on perçoit en même temps la neuvième et la double octave, ainsi qu'un son *résultant* très-grave [2]. Mais le son qu'il faut prendre est celui qui domine tous les autres et qu'on peut d'ailleurs, avec un peu d'habitude, faire

[1] Pour certains plateaux, il y a grande tendance à la division spontanée en six secteurs vibrants, les plateaux étant libres, c'est-à-dire quand on ne touche aucun point autre que celui de l'attaque par l'archet.

[2] S'il est fort difficile d'apprécier la hauteur d'un tel son, il est possible néanmoins d'en calculer le nombre de vibrations quand on connaît les deux sons qui lui donnent naissance. Ainsi pour le plateau n° 3 dont le son fondamental est $fa_1 = 174^{vib.s.}$ et le son suivant, $sol_2 = 391^{v.s.},5$ le son résultant de ces deux là (qui sont dans le rapport de 4 à 9) est le quotient de 174 par 4 ou de 391,5 par 9, ce qui donne dans l'un et l'autre cas, 43,5 coïncidences ou vibrations simples et répond au $fa_{-2} = 43^{v.s.},157$. Pour le plateau dont le son fondamental est si_1 et le suivant ut_2 le son résultant serait de $60^{v.s.}$ c'est-à-dire correspondrait presque à $ut_{-1} = 61^{v.s.}$, 663.

sortir assez nettement et rendre tout à fait prédominant.

d. J'ai dit qu'il était quelquefois difficile de fixer la hauteur du son fondamental à cause des harmoniques qui l'accompagnent toujours. Je dois à ce sujet donner ici quelques explications, car cette recherche présente, en effet, une difficulté sérieuse à l'égard de certains plateaux.

Pour m'assurer que je n'étais point dans l'erreur, relativement à la détermination des intervalles musicaux correspondant à la série des réseaux, j'ai eu recours à un artiste distingué (le premier violoniste d'Angers, M. Cattermole) qui a bien voulu me prêter son concours et qui, sans avoir été prévenu du but de mes recherches, a pleinement confirmé mes résultats sur les intervalles des sons correspondant à 4, 6, 8 et 12 réseaux; c'était l'essentiel.

S'il se fût agi de sons isolés, l'erreur d'une octave aurait pu être commise assez facilement à l'égard de sons graves et accompagnés d'harmoniques. Mais comme il est aisé, avec un peu d'habitude, de forcer un son à sortir nettement et à dominer tous les autres, pour en apprécier la hauteur réelle, il n'est pas possible d'admettre que deux sons (répondant à 4 et 8 réseaux), séparés par un troisième (celui de 6 réseaux), et distants de deux octaves, composées d'une neuvième et d'une septième, il n'est pas possible, dis-je, de prendre cette neuvième pour un intervalle de seconde, ce qui serait d'ailleurs tout à fait irrationnel, puisqu'il y a une septième (non douteuse) pour l'intervalle des deux sons de

6 à 8 réseaux, intervalle musical évidemment moindre que celui des sons de 4 à 6 réseaux.

D'ailleurs, les mêmes intervalles de neuvième et de septième se reproduisent pour des réseaux d'ordres supérieurs dont les sons deviennent plus faciles à isoler. Il n'est donc pas douteux que ces relations ne soient celles dont j'ai donné précédemment le tableau détaillé.

Enfin, des expériences analogues, répétées un grand nombre de fois et avec des plateaux de dimensions variées et dont les sons fondamentaux correspondaient à des notes présentant des différences d'une octave, ces expériences, dis-je, ayant donné toujours des résultats concordant avec les précédents, on peut donc admettre l'exactitude et la généralité de la loi énoncée plus haut.

Note. J'ai pu constater que pour les deux plateaux types, en glace, de 3 et de 4 millimètres d'épaisseur et de même diamètre, la loi des épaisseurs s'est vérifiée avec exactitude. En effet, les deux plateaux, vibrant à vide, celui de 3 millimètres d'épaisseur donnait comme son fondamental, la note $la_1^{\text{bémol}}$; celui de 4 millimètres $ut_2^{\text{dièse}}$. Or, dans la gamme tempérée, les nombres de vibrations correspondant à ces deux notes sont :

pour $la_1^{\text{bémol}}$ 205,29 vibrations simples
pour $ut_2^{\text{dièse}}$ 274,05 —

d'après la loi des épaisseurs, on doit avoir : $\frac{205,29}{274,05} = \frac{3}{4}$

Le premier rapport = 0,7525 ;
Le second rapport = 0,75 ,

résultats sensiblement identiques. Avec une couche d'eau

de même épaisseur, sur chacun de ces plateaux, une identité analogue a été obtenue.

Réseaux excentriques.

Les réseaux périphériques commencent au son fondamental et se montrent dans les divisions successives du plateau en 6, 8, 10, 12, etc., secteurs symétriques. Les réseaux excentriques ne commencent à apparaître sur la couche liquide qu'avec les sons harmoniques déjà élevés. La hauteur du son auquel correspond le premier système de réseaux excentriques (c'est-à-dire le système de 4 réseaux), coïncide à un demi-ton près au-dessus, avec le son qui naît de la subdivision du plateau en dix secteurs périphériques. Ainsi, dans le cas particulier où l'on expérimente avec un plateau de $0^m,416$ de diamètre et de $0^m,003$ d'épaisseur,

le son correspondant à 10 réseaux périphériques est l'$ut_4^{dièse}$

— 4 — excentriques est le $ré_4$,

de la gamme tempérée.

Pour certains plateaux minces les deux sons coïncidaient.

On peut obtenir avec un même plateau suffisamment mince, des réseaux excentriques en nombres formant une série analogue à celle des réseaux périphériques, c'est-à-dire, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, etc. Mais les intervalles musicaux qui séparent les sons correspondants ne sont plus les mêmes que pour les réseaux périphériques, comme on peut le voir dans le tableau suivant :

B. *Relations entre les nombres de* **réseaux excentriques**, *et les nombres de vibrations ou les hauteurs des sons correspondants, rendus par des plateaux de verre circulaires, uniformément recouverts d'une couche d'eau d'environ 2 millimètres d'épaisseur.*

N° du plateau	Nombres de réseaux	4	6	8	10	12	14	16
I	HAUTEURS DES SONS	sol_3	$ré_4$	sol_4		$ré_5$		
II		$la_3^{dièse}$	fa_4	$la_4^{dièse}$				
III		ut_4	$sol_4^{dièse}$	ut_5				
IV		$ut_4^{d.}$	$sol_4^{d.}$	$ut_5^{d.}$				
V		$ré_4$	la_4	$ré_5$	fa_5	la_5	ut_6	$ré_6$
VI		$ré_4$	la_4	$ré_5$	fa_5	la_5		
VII		$> ré_4^{d.}$	$> la_4^{d.}$	$> ré_5^{d.}$	$> fa_5^{dièse}$	$> la_5^{dièse}$		
VIII		fa_4	ut_5	fa_5	la_5	ut_6	mi_6	fa_6
IX		$fa_4^{d.}$	$ut_5^{d.}$					

On peut vérifier sur ce tableau qu'entre les sons qui correspondent :

à	4	et à	6	réseaux, il y a un intervalle de	*quinte*,
à	6	—	8	— —	*quarte*,
à	8	—	12	— —	*quinte*,
à	12	—	16	— —	*quarte;*

En sorte qu'entre les sons qui correspondent à 4 et à 8 réseaux, il y a un intervalle d'*une octave* et non de deux octaves comme cela a lieu pour les réseaux périphériques.

De même, entre 6 et 12 réseaux, il y a également un intervalle d'une octave.

Cette différence entre les réseaux périphériques et les réseaux excentriques tient à ce que les premiers correspondent au mode de division *diamétral* du plateau, et les seconds au système *composé.*

La loi qui lie les nombres de réseaux aux nombres de vibrations est plus simple que celle des réseaux périphériques : ici *les nombres de réseaux sont proportionnels aux nombres de vibrations des sons correspondants.*

Si les résultats du tableau suivant présentent des différences assez sensibles pour les sons élevés, c'est parce qu'il est difficile d'en apprécier exactement la hauteur avec un piano [1].

[1] J'ai regretté ici de n'avoir pas à ma disposition les appareils nécessaires pour évaluer avec exactitude les nombres de vibrations des sons observés.

NOMBRES DE RÉSEAUX r	NOTES	NOMBRES de VIBRATIONS n	RAPPORTS des nombre de réseaux $\frac{r}{r'}$	RAPPORTS des NOMBRES DE VIBRATIONS. $\frac{n}{n'}$	DIFFÉRENCES
4	$ré_4$	1161,310			
			$\frac{3}{2} = 1,5$	$\frac{1740}{1161,310} = 1,498$	— 0,002
6	la_4	1740			
			$\frac{4}{3} = 1,33...$	$\frac{2322,620}{1740} = 1,334$	+ 0,001
8	$ré_5$	2322,620			
			$\frac{5}{4} = 1,25$	$\frac{2842,076}{2322,620} = 1,223$	— 0,027
10	$> fa_5$ (')	2842,076			
			$\frac{6}{5} = 1,2$	$\frac{3480}{2842,076} = 1,228$	+ 0,028
12	la_5	3480			
			$\frac{7}{6} = 1,166...$	$\frac{4138,440}{3480} = 1,189$	+ 0,023
14	ut_6	4138,440			
			$\frac{8}{7} = 0,1428$	$\frac{4645,240}{4138,440} = 1,1204$	— 0,022
16	$ré_6$	4645,240			

(') $2842,076 > fa_5 = 2762,076$ v. s.
$< fa_5^{\text{dièse}} = 2926,320$

Dans ce tableau, les deux premiers rapports sont rigoureusement conformes à la loi énoncée, tandis que les autres présentent des différences sensibles qui s'expliquent d'ailleurs par les mêmes raisons que celles qui ont été données au sujet des réseaux périphériques et de plus par la hauteur très-grande des sons.

Au lieu de rapporter chaque note à celle qui la précède, on peut les comparer toutes à la première, en opé-

rant de même pour les nombres de réseaux correspondants; alors les différences ne porteront plus que sur deux rapports, les quatre autres étant exacts, comme on le voit dans le tableau suivant; ce qui montre en même temps que les différences varient avec le mode de comparaison employé.

NOMBRES DE RÉSEAUX r	NOTES	NOMBRES de VIBRATIONS n	RAPPORTS des nombres de réseaux. $\frac{r}{r'}$	RAPPORTS des NOMBRES DE VIBRATIONS. $\frac{n}{n'}$	DIFFÉRENCES
4	$ré_4$	1161,310			
			$\frac{3}{2} = 1,5$	$\frac{1740}{1161,310} = 1,498$	— 0,002
6	la_4	1740			
			2	$\frac{2322,620}{1161,310} = 2,000$	0,000
8	$ré_5$	2322,630			
			$\frac{5}{2} = 2,5$	$\frac{2842,076}{1161,310} = 2,447$	— 0,053
10	$> fa_5$	2842,076			
			3	$\frac{3480}{1161,310} = 2,996$	— 0,004
12	la_5	3480			
			$\frac{7}{2} = 3,5$	$\frac{4138,440}{1161,310} = 3,563$	+ 0,063
14	ut_6	4138,440			
			4	$\frac{4645,240}{1161,310} = 4$	0,000
16	$ré_6$	4645,240			

Les résultats obtenus avec tous les plateaux, concordant très-sensiblement entre eux, tant pour les réseaux périphériques que pour les réseaux excentriques, nous pouvons maintenant les généraliser.

Remarquons auparavant que, pour les réseaux périphériques, les intervalles :

de si_{-1} à $ut_2^{\text{dièse}}$
— $ré_1$ à mi_2
— $sol_1^{\text{Dièse}}$ à $la_2^{\text{dièse}}$
— si_1 à $ut_3^{\text{dièse}}$

sont tous de $\frac{20}{9}$ (la hauteur du premier son étant prise pour unité).

de fa_1 à sol_2
— $fa_1^{\text{dièse}}$ à $sol_2^{\text{Dièse}}$
— $la_1^{\text{bémol}}$ à $si_2^{\text{bémol}}$

sont tous de $\frac{9}{4}$.

(Dans tous les cas il y a 14 demi-tons).

Or l'intervalle entre $\frac{9}{4}$ et $\frac{20}{9}$ étant $\frac{9}{4} \times \frac{9}{20} = \frac{81}{80}$ ou un comma, on peut, sans erreur sensible, prendre l'un de ces rapports, $\frac{9}{4}$ par exemple, pour l'intervalle de *neuvième* entre les sons correspondant à 4 et à 6 réseaux périphériques.

En généralisant donc les résultats précédents qui s'accordent entre eux, nous formerons le tableau suivant. (*Voir* planche III.)

Une conséquence à déduire de ce tableau général est celle ci : lorsque l'expérience aura fait connaître, pour un plateau quelconque, la note qui correspond à un nombre déterminé de réseaux, on en pourra conclure immédiatement les hauteurs des sons correspondant à tous les autres réseaux périphériques ou excentriques.

De plus, si la densité des plateaux de verre est la même, comme on connaît aussi la relation qui existe entre les dimensions d'un plateau et la hauteur du son fondamental qu'il rend, on pourrait déterminer à l'avance, la note que donnera tel plateau, de diamètre et d'épaisseur donnés, pour un système de réseau proposé.

Le tableau suivant montre les intervalles qui séparent les sons rendus par nos plateaux en expérience.

Sons rendus par un plateau de verre de 0m,654 de diamètre et de 0m,0021 d'épaisseur :

	fit	ut dièse	ré	ré dièse	mi	fa	fa dièse	sol	sol d.	la	la dièse	si
GAMMES DE : ut$_{-1}$					mi$_{-1}$							
ut$_1$							fa d.$_1$					
ut$_2$					mi$_2$							si$_2$
ut$_3$							fa d.$_3$					si$_3$
ut$_4$					mi$_4$			sol$_4$				si$_4$
ut$_5$							fa d$_5$					si$_5$
ut$_6$					mi$_6$							

Sons rendus par un plateau de 0m,416 de diamètre et de 0m,002 d'épaisseur :

GAMMES DE : ut$_1$							fa d.$_1$					
ut$_2$									sol d$_2$			
ut$_3$							fa d.$_3$					
ut$_4$		> ut d.$_4$	ré$_4$						sol d.$_4$	la$_4$		
ut$_5$		> ut d.$_5$	ré d.$_5$			> fa$_5$	fa d.$_5$			la$_4$		
ut$_6$	ut$_6$		ré$_6$									

Les notes soulignées correspondent aux réseaux excentriques, les autres aux réseaux périphériques.

On peut représenter par des courbes (*fig.* 19) les relations que nous venons de trouver entre les nombres de réseaux et les intervalles musicaux des sons correspondants ou les rapports des nombres de vibrations.

Ce procédé a l'avantage de régulariser le phénomène tout en le généralisant, et de le rendre indépendant des différences provenant de l'inégalité des intervalles dans les cas particuliers.

Enfin, au lieu d'employer une couche d'eau ou d'alcool, j'ai pu expérimenter avec une couche de mercure, la plus mince possible, sur un plateau à pied, à rebord et assez épais pour supporter les vibrations sous ce poids de liquide. Les réseaux produits dans cette circonstance étaient d'une grande netteté et parfaitement quadrillés. Il serait facile de les projeter grâce au pouvoir réflecteur considérable du mercure.

III. RAPPORTS ENTRE LA LARGEUR DES STRIES ET LES NOMBRE DE VIBRATIONS DES SONS CORRESPONDANTS.

Lorsqu'on fait vibrer un plateau recouvert d'une mince couche d'eau et qu'on lui fait rendre des sons différents, on s'aperçoit immédiatement que le nombre des réseaux produits à la surface du liquide va en augmentant à mesure que le son s'élève, tandis que la largeur des stries (ou plutôt la distance entre deux stries consécutives) va au contraire en diminuant.

Quel rapport y a-t-il entre ces deux éléments de la question?

Tout d'abord on est porté à croire que les largeurs de ces stries sont inversement proportionnelles aux nombres de vibrations, c'est-à-dire aux hauteurs des sons correspondants; mais on va voir que si l'on veut

appliquer cette loi aux plateaux circulaires fixés par leur centre, elle ne supporte pas le contrôle de l'expérience et qu'elle doit être remplacée par une autre qui sera formulée plus loin.

A l'époque (28 novembre 1877), où je fis à la Société Académique d'Angers une communication relative aux formes vibratoires des vases et des plateaux recouverts d'une couche liquide [1], je n'avais pas encore pu mesurer, avec toute l'exactitude désirable, la largeur des cannelures ou des stries qui constituent les réseaux fugitifs et mobiles.

C'est pourquoi, j'avais fais mes réserves à ce sujet. J'avais l'intention de photographier les réseaux afin de pouvoir mesurer à loisir les largeurs des bandes quadrillées que j'observais. Mais ce moyen présenta, dans la réalisation, des difficultés insurmontables. Je dus y renoncer et chercher un autre procédé.

C'est alors que, dans une communication faite à l'Académie des sciences (séance du 4 février 1878, p. 295), M. Dubois, après avoir employé le vermillon délayé dans l'eau pour fixer les stries, énonça la loi suivante :

« Deux sons de hauteurs différentes donnent des « stries inversement proportionnelles aux nombres de « vibrations des sons considérés, » loi qui, d'après l'auteur, s'appliquerait également aux diapasons, aux tuyaux sonores et aux *plaques vibrantes*.

Or, mes recherches récentes sur ce dernier point montrent que cette loi est loin d'être générale et que,

[1] Voir pour l'extrait certifié du procès-verbal de cette séance les Comptes-rendus de l'Académie des sciences du 18 février 1878, p. 453.

dans tous les cas, elle ne peut s'appliquer aux plateaux circulaires en verre sur lesquels j'ai fait des expériences nombreuses dont les résultats sont parfaitement concordants.

J'ai exposé précédemment le mode d'expérimentation employé dans ces recherches; il est nécessaire de s'y reporter pour l'intelligence des explications qui vont suivre.

Comme il est impossible de mesurer avec quelque précision les largeurs des stries liquides, mobiles et fugitives, le premier résultat à obtenir était la fixité des lignes à mesurer. On peut y arriver par plusieurs moyens, entr'autres par les suivants : après avoir délayé dans l'eau une poudre insoluble (minium, vermillon, sulfate de baryte, poudre colorée, etc. [1]) et répandu le liquide uniformément sur le plateau, on met celui-ci en vibration. Lorsqu'on a obtenu bien développés les réseaux que l'on cherche et que la poudre en suspension s'est déposée suivant des stries en quadrillages réguliers dont les lignes représentent les nodales élémentaires, on fait écouler doucement le liquide (au moyen de papier spongieux posé sur le bord du plateau et faisant l'office de siphon) en inclinant peu à peu le plateau. Lorsque la dessiccation est complète on peut prendre directement les mesures au compas, ou décalquer une partie de ces réseaux, ou enlever à l'aide de papier gommé et mouillé,

[1] Les poudres trop légères (amidon, lycopode...), sont entraînées par les courants liquides des réseaux et ne produisent pas un bon effet. Il faut des substances pesantes et insolubles qui puissent se déposer facilement et demeurer fixes à la place des lignes nodales élémentaires.

la couche de matière pulvérulente qui donne une empreinte susceptible d'être conservée; ou enfin, on peut photographier ces réseaux de grandeur naturelle, c'est ce que j'ai fait pour les systèmes de 4, 6, 8 et 12 réseaux périphériques [1].

J'ai aussi employé avec avantage un autre moyen très-simple qui permet de recevoir directement le réseau sur une feuille de papier. Il consiste à appliquer sur le plateau, à l'endroit d'un centre de vibration (où l'on sait qu'il doit se former un réseau, par exemple dans le voisinage du point d'attaque), une feuille de papier mouillé, de manière qu'il adhère dans toute son étendue à la surface du verre. On fait ensuite arriver sur le papier, le liquide contenant la poudre en suspension. Alors, en faisant vibrer le plateau on détermine sur le papier la formation d'un réseau tout aussi nettement que sur le verre lui-même.

On fait ensuite écouler le liquide et l'on enlève le papier qui contient le quadrillage suffisamment adhérent pour permettre de prendre des mesures précises et pour être conservé (néanmoins les stries ne résisteraient pas au frottement du doigt).

[1] Pour obtenir en grandeur naturelle exacte les photographies des réseaux, on avait tracé aux extrémités de chacun d'eux, des points de repère (que l'on peut y voir encore), qui ont permis, à l'aide des distances prises au compas et reportées sur les images de la chambre noire, de donner à celles-ci rigoureusement les mêmes grandeurs que les objets à photographier.

On peut faire à cet effet une vérification facile, en constatant que l'arc de cercle qui représente le bord du plateau a le même rayon dans les quatre figures, celles-ci ayant été prises sur le même plateau.

On peut même donner au papier une étendue telle qu'il couvre toute la partie du plateau où se développent les stries quadrillées ; on a ainsi une figure complète de chaque système de réseaux.

Au lieu d'employer une feuille de papier, on peut se servir avantageusement d'une lame de mica ou simplement d'une feuille de verre mince convenablement découpée. On peut ainsi recevoir sur elle un ou plusieurs réseaux que l'on pourra utiliser pour les projections, après l'avoir passée au vernis.

C'est sur les réseaux relevés de ces différentes manières et spécialement sur les photographies, que les mesures de comparaison ont été prises.

Ces photographies montrent (*fig.* 20, 21, 22, 23,) en même temps le mode de transformation ou d'évolution des stries en réseaux. On voit, près du bord, des cannelures plus ou moins sinueuses qui s'allongent et se divisent ensuite ; plus loin, de longues lignes onduleuses, parallèles entre elles ; ailleurs, des lignes qui se coupent les unes perpendiculairement, d'autres obliquement, de manière à former des quinconces réguliers, composés de petits anneaux circulaires tangents, tantôt complétement fermés, tantôt plus ou moins ouverts.

Pour obtenir et conserver sur verre ou sur papier de beaux réseaux de poudre colorée, il faut que la couche liquide qui tient cette poudre en suspension soit très-peu épaisse, surtout pour les réseaux d'ordres supérieurs, huitième, douzième, etc. Après avoir donné un coup d'archet assez vif, on laisse le plateau vibrer sans amortir le son ; ce qui permet à la poudre de se fixer naturellement avec régularité. Si la couche liquide était

trop épaisse la poudre insoluble ne se disposerait pas en quadrillage, et si cette couche était presque nulle, on ne pourrait produire aucun mouvement de la poudre privée de son véhicule.

Il est facile de déterminer l'épaisseur la plus convenable pour tel ou tel ordre de réseaux. Il suffit d'incliner plus ou moins le plateau en expérience, pour voir, par les points qui sont le mieux reproduits, quelle doit être cette épaisseur. Il suffit quelquefois de mouiller simplement le plateau en faisant écouler le liquide. Les réseaux sont alors très-nettement dessinés et d'une grande étendue. Si, comme nous l'avons dit, la couche était trop mince pour le genre de réseaux produits, on n'obtiendrait que de longues stries parallèles sans quadrillage.

— Selon le procédé employé pour mesurer la largeur des stries, il est convenable de faire varier l'épaisseur de la couche de minium. Si l'on doit prendre les mesures directement sur les réseaux, il convient d'avoir des lignes très-fines, par conséquent de mettre peu de minium. Si l'on doit relever les réseaux à l'aide du papier gommé, il faut, au contraire, une couche assez épaisse de la poudre employée.

Les réseaux secs ne paraissent jamais aussi beaux que les réseaux mouillés; ils sont moins nets, moins transparents. Ils ressemblent en cela aux objets vus au microscope.

Les quadrillages de vermillon donnent au papier sur lequel ils sont déposés en couche suffisamment épaisse, l'aspect velouté.

Avant de procéder à la mesure des intervalles de deux stries consécutives, il est utile de remarquer que, d'a-

près la constitution même des réseaux en quadrillages réguliers, on verra, suivant l'orientation du dessin, deux sortes de lignes inégalement espacées. Si l'on compare leurs distances respectives, on trouve qu'elles sont entre elles dans le rapport du côté d'un carré à sa diagonale (*fig.* 13).

La véritable distance des raies devrait être prise entre les lignes isolées, étroites; mais comme les autres stries forment généralement, dans tous les réseaux, des figures plus étendues, plus régulières et, par suite, plus faciles à mesurer, on pourra comparer entre elles ces dernières; mais à la condition de ne prendre les rapports que relativement aux stries de même espèce, ayant autant qu'il sera possible, même orientation. C'est ce qui a été fait dans les mesures suivantes.

Si, dans ses observations, M. Dubois n'a pas fait cette distinction, cela expliquerait, du moins en partie, l'erreur commise par lui, en ce qui concerne les plaques vibrantes.

Enfin, une dernière remarque est suggérée par les résultats des mesures mêmes prises sur les réseaux les plus nets, et avec un grand nombre de plateaux de diverses dimensions : c'est que les différences très-appréciables trouvées pour les largeurs de stries des réseaux de même ordre obtenu avec un même plateau, dans des conditions que l'on peut regarder comme identiques, montrent que ces distances ne sont pas réellement constantes, et oscillent entre certaines limites, peu étendues, d'ailleurs, soit parce que les amplitudes des vibrations (variables pour un même coup d'archet) déterminent des intervalles plus ou moins grands entre

les nodales élémentaires, selon leur distance au centre d'ébranlement, soit parce que la hauteur du son rendu a un peu varié durant le coup d'archet, soit pour tout autre cause.

La difficulté dans la question qui nous occupe, n'est donc pas précisément dans la mesure même des largeurs des stries, car on peut les évaluer à loisir, par les moyens précédemment indiqués et en conserver des empreintes, mais elle résulte de ce que ces stries n'ont pas toutes des largeurs égales dans un même réseau ou dans des réseaux d'un même système. Ainsi quand une plaque vibrante donne les quatre réseaux du son le plus grave, la largeur des stries change un peu suivant que le réseau considéré est à 90 ou 180 degrés du point d'attaque ou en ce point même.

Il y a plus, les stries d'un même réseau ne présentent pas des largeurs identiques quand on les prend perpendiculaires ou obliques aux bords.

Il faut donc, pour rendre les résultats comparables dans les divers réseaux d'un même plateau, prendre, dans tous les cas, des stries (isolées ou quadrillées), de même sorte, c'est-à-dire, toutes perpendiculaires entre elles et aux bords du plateau, ou des obliques de même inclinaison.

— Pour donner à un auditoire une idée assez exacte de la largeur réelle des stries, on peut accompagner leurs projections de celle d'un micromètre, simple division en millimètre ou demi-millimètre, gravée en traits forts sur une mince lame de verre que l'on applique mouillée sur le plateau avant d'y verser la couche d'eau, ou en

dessous et à l'endroit où doit se produire un réseau, la lumière venant par-dessous le plateau, comme avec l'appareil à projection de M. Duboscq ; on peut se contenter alors de poser en dessous du plateau les pointes d'un compas, distantes d'un ou deux millimètres. Les stries et les divisions de l'échelle ou les pointes du compas étant vues superposées, l'évaluation de la largeur des stries sera facile.

— Ces remarques indiquées, comparons maintenant les stries de même espèce, sur les dessins (*fig.* 20 et 22), qui correspondent à 4 et à 8 *réseaux périphériques*. Nous trouvons, malgré de légères variantes, que les largeurs des stries quadrillées sont, en moyenne, très-sensiblement doubles les unes des autres, et qu'il en est de même des *figures* 21 et 23 qui correspondent à 6 et à 12 réseaux [1].

Des résultats analogues ont été obtenus avec d'autres plateaux, sur des mesures prises comme il a été dit précédemment.

Ainsi, quand les nombres de réseaux périphériques sont entre eux dans le rapport de 1 à 2, les largeurs des stries correspondantes sont au contraire, comme 2 est à 1.

[1] Avec quelques précautions, il est possible d'obtenir des stries superposées provenant de deux systèmes de réseaux, comme 4 et 8; et l'on peut constater dans ce cas que si les stries correspondant à 8 réseaux se trouvent mêlées à celles de 4 on en comptera deux des premières pour une des secondes; et si ces stries sont parallèles entre elles on en rencontrera qui partageront en deux parties égales l'intervalle de deux stries consécutives appartenant au système de 4 réseaux.

Or, on a vu précédemment (page 32) que les notes musicales correspondant à 4 et à 8 réseaux ou à 6 et à 12 sont séparées par un intervalle de *deux octaves;* c'est-à-dire que les nombres de vibrations des sons rendus dans ces deux cas sont entre eux comme 1 est à 4.

Les largeurs des stries étant alors respectivement dans le rapport de 2 à 1, il résulte du rapprochement de ces deux faits, la loi suivante pour les réseaux périphériques :

Loi : *Sur les plateaux circulaires vibrants, fixés par leur centre, les largeurs des stries déterminées dans la couche d'eau qui les recouvre, sont inversement proportionnelles aux racines carrées des nombres de vibrations des sons correspondants.*

Pour vérifier cette loi à l'égard des intervalles autres que les octaves, je rappellerai qu'avec le plateau de $0^m,416$ de diamètre et de $0^m,003$ d'épaisseur (le même qui a servi à la photographie des réseaux ci-joints), j'ai trouvé pour les sons correspondants à . . . . . 4, 6, 8, 12 réseaux,

en général des intervalles qui sont comme les nombres. . . . . 1, $\frac{9}{4}$, 4, 9

et en particulier, pour le plateau ci-dessus mentionné, les notes. . . $fa_1^{\text{dièse}}$, $sol_2^{\natural}$, $fa_3^{\sharp}$, $sol_4^{\natural}$,

dont les nombres de vibrations sont respectivement (dans la gamme tempérée)

182^{vs},89 410,58 731,57 1642,32

nombres qui sont entre eux comme les suivants :

	1	2,2449	4	8,9766
dont les racines carrées sont . .	1	1,498	2	2,9961
ou sensiblement	1	1,5	2	3

Ou bien :	$fa_1^{\text{dièse}}$	sol_2^{d}	fa_3^{d}	sol_4^{d}
Rapports des nombres de vibrations.	$\frac{4}{3} \cdot \frac{25}{24}$	$\frac{3}{2} \cdot \frac{25}{24} \cdot 2$	$\frac{4}{3} \cdot \frac{25}{24} \cdot 4$	$\frac{3}{2} \cdot \frac{25}{24} \cdot 8$
ou	$\frac{4}{3}$	3	$\frac{4}{3} \cdot 4$	$3 \cdot 4$
ou	4	9	16	36
dont les racines carrées sont :	2	3	4	6
Ou dans les rapports des nombres :	1	1 , 5	2	3

D'autre part, l'expérience donne pour les largeurs des stries correspondantes, sur le même plateau, et dans des conditions identiques, les nombres suivants :

Nombres de réseaux périphériques :

		4,	6,	8,	12
Largeurs des stries.	maxima :	2^{mm},88	1^{mm},98	1^{mm},5	0^{mm},9
	minima :	2 66	1 66	1 25	0 75
	moyennes :	2 78	1 80	1 34	0 89

(non des maxima et des minima, mais de toutes les mesures prises).

ces derniers nombres sont entre eux comme les suivants :

3,12 2,02 1,5 1

lesquels ne diffèrent des nombres théoriques précédents :

3 2 1,5 1

que de quantités qui sont de l'ordre des erreurs d'observation. Certaines expériences particulières ont même donné quelquefois des résultats encore plus approchés de la théorie [2].

Voici le tableau détaillé des expériences :

Résultats d'expériences.

Nombres de réseaux...	4	6	8	12
Largeurs des stries.....	2mm,70	1mm,78	1mm,35	0mm,88
	2 76	1 78	1 35	0 89
	2 80	1 81	1 37	0 90
	2 78	1 90	1 35	0 90
	2 79	1 90	1 35	0 88
	2 71	1 68	1 30	0 85
	2 76	1 68	1 25	0 86
	2 81	1 95	1 40	0 92
	2 76	1 66	1 25	0 86
	2 78	1 85	1 39	0 92
	2 83	1 82	1 40	0 90
	2 80	1 88	1 40	0 93
	2 80	1 77	1 30	0 88

[2] J'ai vérifié avec le grand plateau de 0m,654 de diamètre et de 0m,0031 d'épaisseur, que les largeurs des stries étaient, pour les

Nombres de réseaux....	4	6	8	12
Rapports des largeurs des stries	3mm,01	2mm,02	1mm,53	1mm
	3 10	2 01	1 51	1
	3 11	2 01	1 52	1
	3 09	2 11	1 50	1
	3 17	2 15	1 53	1
	3 18	1 97	1 54	1
	3 20	1 95	1 45	1
	3 05	2 12	1 52	1
	3 20	1 93	1 45	1
	3 02	2 01	1 51	1
	3 14	2 02	1 52	1
	3 01	2 02	1 50	1
	3 18	2 01	1 52	1
Moyennes.....	3 112	2 026	1 508	1

Ces résultats comparés aux chiffres théoriques :

3 2 1,5 1

ne donnent que des différences de l'ordre de celles des erreurs expérimentales; par conséquent ils doivent être considérés comme suffisamment exacts et conformes à la loi énoncée.

Si l'on fait une recherche analogue pour les stries isolées, on trouve des résultats qui concordent avec

systèmes de 8 réseaux, dans le rapport de 2 à 1 (l'expérience a donné en effet, 3mm,02 et 2mm,3), c'est-à-dire, en raison inverse des nombres de réseaux et par suite, en raison inverse des racines carrées des nombres de vibrations des sons correspondants, puisque l'intervalle de ces sons est de deux octaves.

les précédents. Nous nous contenterons d'en citer un exemple :

Nombres de réseaux :	4	6	8	12
largeurs des stries isolées :	1mm,97	1mm,27	0mm,95	0mm,63
rapports :	3,12	2,01	1,15	1

Il faudrait théoriquement :

Largeurs des stries :	1,902	1,268	0,951	0,634
rapports :	3	2	1,5	1

Remarquons de plus que les nombres

1,97 1,27 0,95 0,63

qui se rapportent aux stries isolées, sont aux précédents

2,78 1,8 1,34 0,89

qui correspondent aux stries quadrillées, dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$ ou 1,414 c'est-à-dire comme le côté d'un carré est à sa diagonale.

La loi précédemment énoncée est donc vérifiée d'une manière que l'on peut considérer comme générale.

Il résulte d'observations faites postérieurement à cette vérification que les rapports des nombres représentant les largeurs des stries des divers réseaux comparés, seraient plutôt supérieurs qu'inférieurs aux nombres adoptés comme moyennes générales des mesures. Par conséquent, les erreurs qu'on a pu commettre en adoptant les chiffres ci-dessus, loin de tendre à rapprocher les résultats de la loi de simple proportionnalité inverse (comme l'a formulée M. Dubois), paraîtraient plutôt s'éloigner davantage de la loi que j'ai énoncée et à dépasser le rapport de la proportionnalité inverse des racines carrées des nombres de vibrations. Mais, je le répète, ces résultats, loin de porter atteinte à cette dernière loi, ne

servent qu'à mieux faire ressortir son exactitude, puisqu'elle est formulée d'après des chiffres qui se trouvent les uns en deçà, les autres un peu au delà, des résultats qu'on peut appeler théoriques, différences qui sont d'ailleurs, comme il faut bien le remarquer, de l'ordre de grandeur des erreurs d'observation.

Ainsi :

Les nombres des réseaux périphériques étant :

	4,	6,	8,	12.
Les hauteurs des sons croissent comme	1,	$\frac{9}{4}$,	4,	9.
dont les racines carrées sont	1,	$\frac{3}{2}=1,5$	2,	3.
D'autre part, les largeurs des stries correspondantes sont très-sensiblement comme	3,	2,	1,5,	1.

Si donc l, l' représentent les largeurs des stries de mêmes sortes, n, n' les nombres de vibrations des sons correspondants, on peut formuler la loi comme il suit :

$$\frac{l}{l'} = \frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}}$$

Note sur la bissection d'un plateau circulaire vibrant.

Par raison de symétrie, un plateau circulaire vibrant, fixé par son centre, ne peut se diviser en trois ou cinq secteurs, puisque dans ce mode d'excitation, les sons résultent toujours de la segmentation diamétrale, le

nombre des secteurs étant généralement pair. Mais on peut se demander si le partage *en deux segments* est possible [1]. L'expérience a répondu par l'affirmative. Voici comment je l'ai disposée. Je me suis servi du grand plateau de verre de $0^m,654$ de diamètre et de $0^m,0031$ d'épaisseur, dont il a été question précédemment. Il était comme à l'ordinaire, fixé par son centre et recouvert d'une couche d'eau assez épaisse. L'un des points du pourtour étant serré entre deux doigts, tandis que l'archet attaquait un autre point situé à 90 degrés du premier, on voyait alors le plateau osciller fortement et se partager visiblement en deux demi-cercles vibrants. Le liquide suivait sans tomber les grands mouvements oscillatoires du plateau et l'on entendait un son extrêmement grave, dont il était impossible d'évaluer la hauteur expérimentalement.

D'après la loi précédemment énoncée, la note correspondante serait mi_{-3} (de 20,367 vibrations simples par seconde, gamme tempérée). On voyait se produire, vers le point d'attaque et à l'extrémité diamétrale opposée, de longues cannelures rayonnantes, profondes, ayant environ un centimètre de largeur, occupant un arc de près de 90° et persistant plusieurs secondes après l'action de l'archet.

Des expériences analogues ont été faites ensuite, avec sécurité, sur des plateaux en fer-blanc ou en tôle de fer, de $0^m,50$ de diamètre et ont donné des résultats semblables.

[1] On admet généralement que le son le plus grave, son fondamental, correspond au partage du plateau circulaire en 4 secteurs égaux.

Il y a donc, pour les plateaux de grand diamètre suffisamment minces, au-dessous du son fondamental un son plus grave de deux octaves et qu'on pourrait appeler *sous-fondamental* (si toutefois ce son est perceptible) provenant de la segmentation du plateau en deux parties égales, vibrant alternativement.

D'autre part, les largeurs des stries correspondant aux divisions de ce même plateau en 4 et en 8 secteurs, ont été trouvées égales respectivement à $5^{mm},02$ et à $2^{mm},5$.

Si la relation entre ces largeurs et les nombres de vibrations s'applique à ce cas particulier, on doit trouver 10^{mm} environ pour la largeur des stries correspondant à la bissection du plateau; c'est en effet, ce que l'expérience a justifié.

— En résumé, les résultats nouveaux contenus dans ce Mémoire sont les suivants :

1° Substitution d'une mince couche d'eau (ou de liquide quelconque, bien fluide) au sable généralement employé dans l'étude des mouvements vibratoires. Production de *réseaux* liquides dont les formes sont la représentation de celles des parties sous-jacentes du plateau vibrant.

2° Sur un plateau circulaire vibrant, fixé par son centre, il se produit, sous l'action de l'archet agissant perpendiculairement à son bord, deux sortes de réseaux symétriques, quadrillés; les uns disposés sur le pourtour de la plaque (*réseaux périphériques*), formant une série de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, etc., réseaux simultanés; les autres, complétement détachés des bords (*réseaux excen-*

triques), ayant leurs centres de figure, pour chaque système, sur une circonférence concentrique à celle du plateau et d'autant plus près de celle-ci que les réseaux sont plus nombreux. Il peut aussi se produire des réseaux excentriques sur plusieurs rangs; ils forment des stries analogues à celles des réseaux périphériques. Reste à déterminer la loi des rayons de ces circonférences concentriques.

3° Les réseaux périphériques correspondent au *système diamétral* de Chladni, les réseaux excentriques au *système composé* (du diamétral et du concentrique). Ils sont limités, les uns et les autres, par les nodales correspondantes.

4° Indication des moyens de produire à volonté, sur toute plaque circulaire, les différents systèmes de réseaux; position du point ou des points à fixer pour obtenir ces résultats.

5° Les réseaux des deux sortes (périphériques et excentriques) simultanés sont toujours dans le même secteur.

6° Les périphériques peuvent exister seuls; les plateaux épais ne peuvent même produire que ceux-là.

7° Les excentriques n'existent jamais seuls (du moins pour un coup d'archet suffisamment énergique) dans ce mode de fixation du plateau par le centre. Ils peuvent dominer de beaucoup les périphériques concomitants mais ne les effacent jamais complétement.

8° Les réseaux excentriques ne commencent à apparaître qu'après la division du plateau en dix secteurs périphériques.

9° Entre les nombres de réseaux et les nombres de

vibrations des sons correspondants, existent les lois suivantes :

Pour les réseaux périphériques : $\frac{r}{r'} = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n'}}$

— excentriques : $\frac{r}{r'} = \frac{n}{n'}$

10° Entre les largeurs l et l' des stries composant les réseaux quadrillés (stries fixées au minium, ou au vermillon, ou autre poudre insoluble et photographiées de grandeur naturelle) et les nombres n et n' de vibrations, j'ai trouvé la relation :

$$\frac{l}{l'} = \frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}}$$

11° Comme on sait que les secteurs dans lesquels le plateau se divise spontanément sous l'action de l'archet, vibrent séparément et à l'unisson les uns des autres, si l'on découpe un plateau (ou un secteur d'un nombre quelconque de degrés) en 2, en 4, en 8 secteurs égaux, on constate que chacun d'eux, soutenu verticalement par son centre, rend, quand on le frappe avec un marteau en caoutchouc ouaté, la double octave de la note que donne le secteur qui le précède.

En général, si s et s' représentent les surfaces des secteurs d'un même cercle, n et n' les nombres de vibration des sons correspondants, on a

$$\frac{s}{s'} = \frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}}$$

ce qui est une vérification expérimentale de la loi précédente.

12° Cette relation, comparée à la précédente donne

$$\frac{l}{l'} = \frac{s}{s'}$$

c'est-à-dire que *les largeurs des stries sont proportionnelles aux aires des secteurs vibrants, ou aux nombres des réseaux simultanés.*

13° Enfin, un plateau de grand diamètre et suffisamment mince, fixé par son centre, peut se partager sous l'action de l'archet, en *deux secteurs vibrants* et produire un son qu'on peut appeler *sous-fondamental* (si toutefois il est perceptible); on vérifie néanmoins, par la largeur des stries correspondantes qu'il suit la loi précitée.

$$\frac{l}{l'} = \frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}} \text{ et par suite celle-ci } \frac{r}{r'} = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n'}}.$$

14° Quant à la cause même de la production des réseaux liquides, il est rationnel d'admettre (pour les raisons qui ont été données avec détail) que ces réticulations représentent les formes vibratoires mêmes de la plaque en expérience. Les stries figurent les nœuds de vibrations et leurs intervalles peuvent servir à évaluer les longueurs d'onde des sons correspondants.

harme.

Fig. 3.

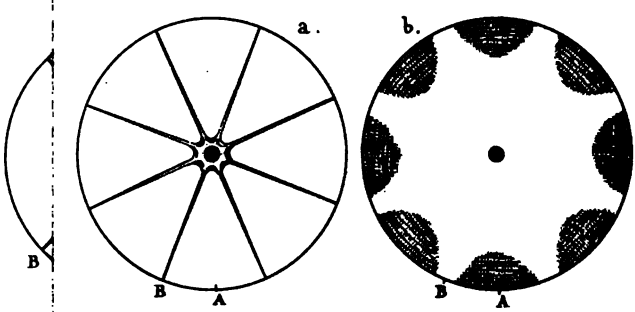


Fig. 6.

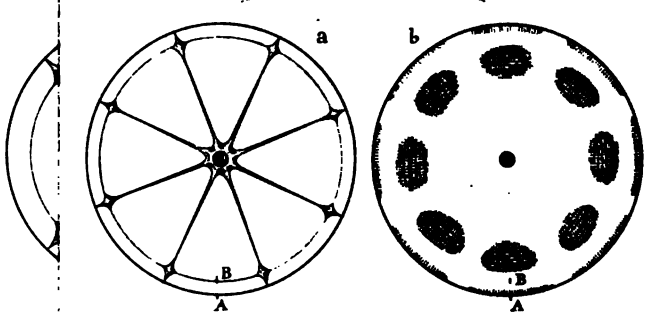
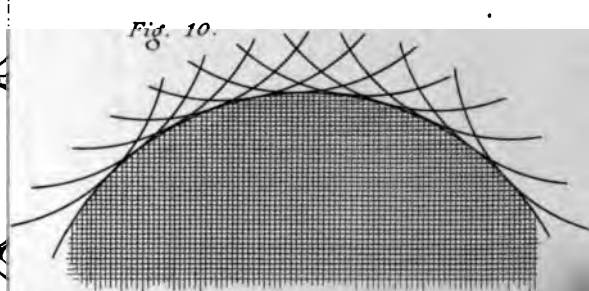
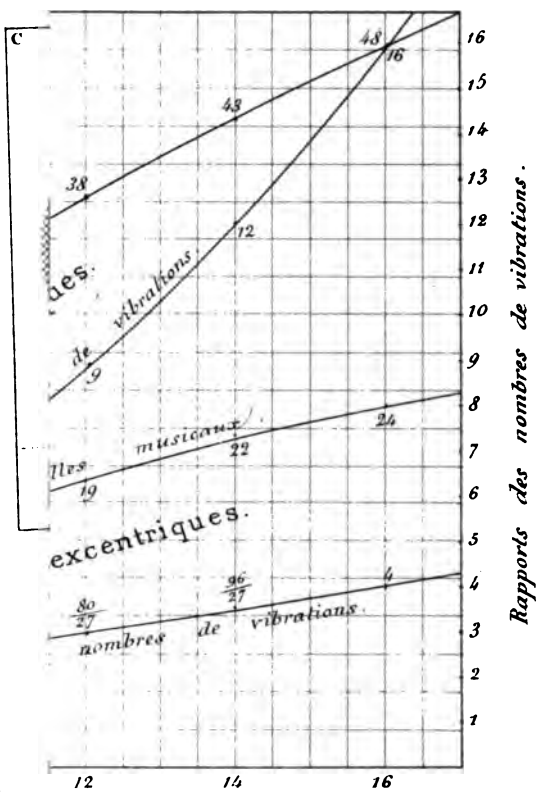


Fig. 10.

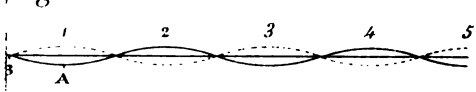


LITH. LACHÈSE ET DOLBEAU À AMIE.



seaux.

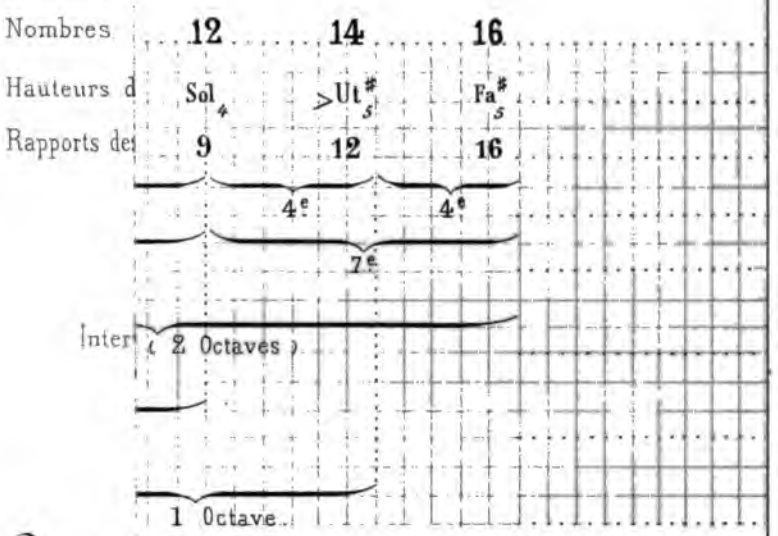
Fig. 15.



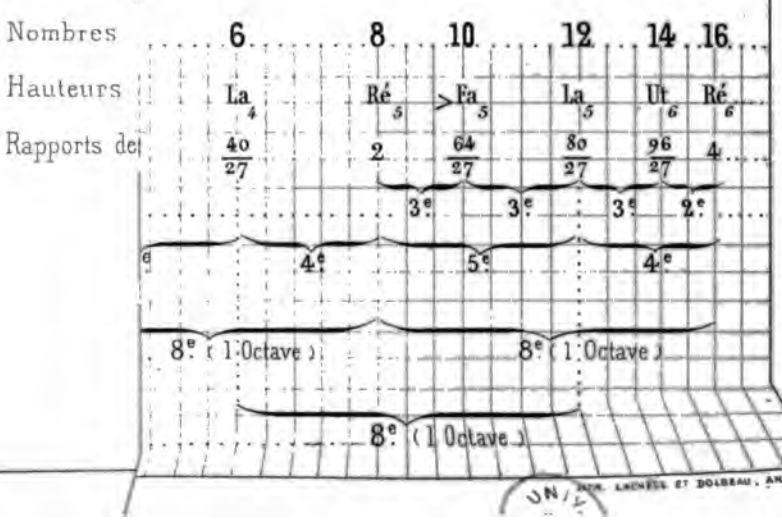
LITH. LACHÈSE ET DOLBEAU, ANGERS.

Rela valles des sons correspondants
nce couche d'eau.

Réseau

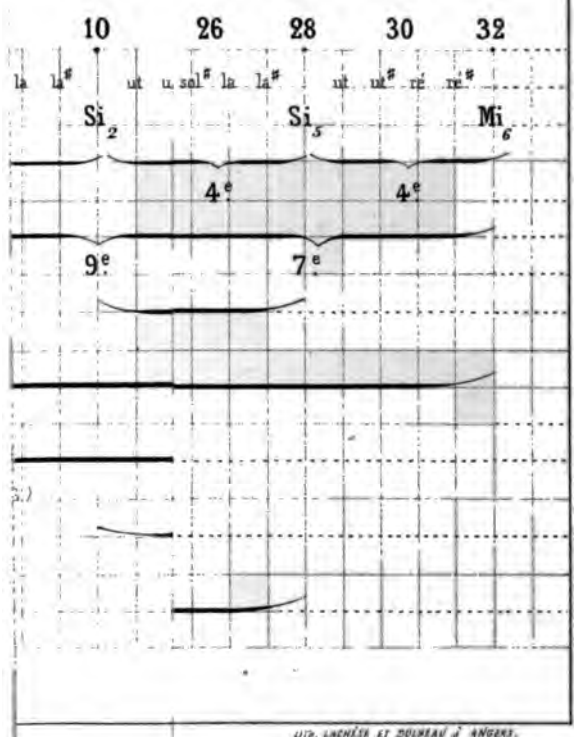


Réseau



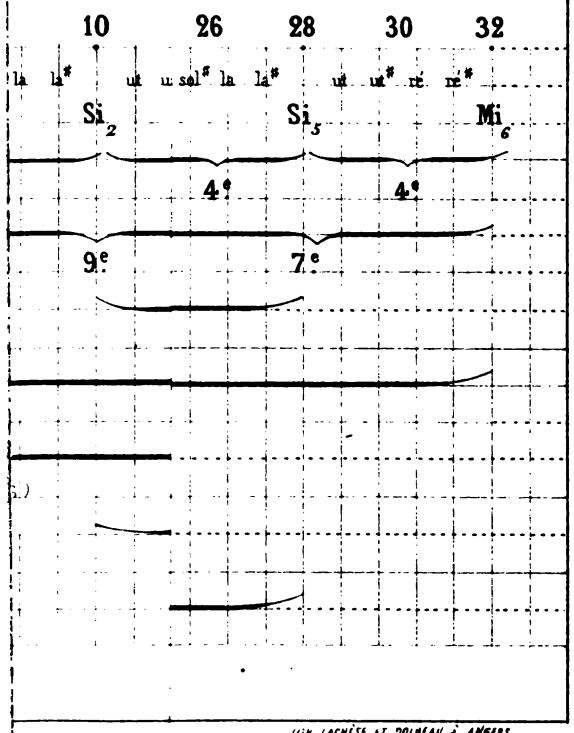
IMP. LACHEVE ET DOLBEAU, ANGE

s vibrants
de verre
diamètre =
ar C. S.

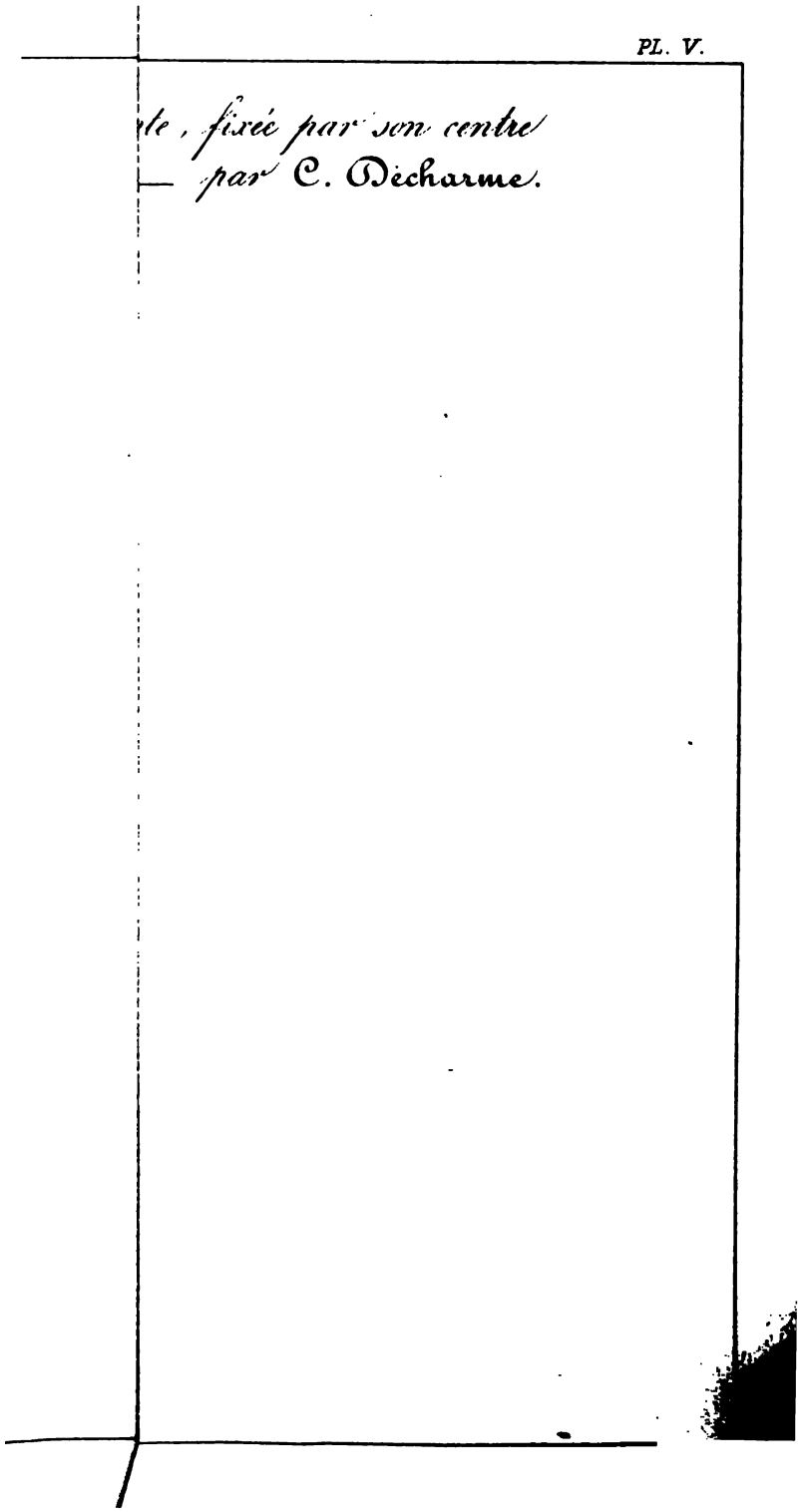


LITH. LACHÈSE ET DOLBEAU À ANGERS.

s vibrants
de verre
diamètre =
ar C. S



LITH. LACHÈSE ET DOLBEAU À ANGERS.


le, fixée par son centre
par C. Décharme.

ANCIENNE

MINE DE FER

ET

NOUVEAUX FOSSILES

APPARTENANT AU TERRAIN DÉVONIEN

PAR

M. Ch. MÉNIÈRE

Deuxième Mémoire

Dans un précédent travail sur une ancienne mine de fer (*Mémoires de la Société académique*, t. XXXIII), nous avons émis l'opinion que l'étage dans lequel elle se trouvait était le silurien, ce que nous devons rectifier. D'abord l'absence de fossiles sur laquelle nous nous arrêtions était erronée; puis nous ne pouvions réellement certifier si la mine de fer était un filon ou un amas visible dans trois endroits différents, mais voisins; aujourd'hui, il n'y a plus de doute, c'est un amas, un dépôt aqueux formé au milieu des schistes devoniens et fossilifères [1].

[1] M. Davy, ingénieur, a trouvé également des fossiles dans les dépôts de fer à Segré.

Nous savons aujourd'hui que les dépôts métallifère ne sont pas l'apanage exclusif des terrains anciens. L manie des théories géologiques n'a pas manqué de ridi culiser sur notre science. L'art des mines est un branche industrielle qui souffre journellement des sys tèmes mal fondés.

La direction, le redressement des couches ont un grande importance et les sondages permettent de pré dire d'avance les couches cachées sous le sol.

L'ingénieur ne peut se passer des connaissance géologiques, tandis qu'autrefois le mineur, le sondeu avait déjà quelques connaissances géologiques que nou ne pouvons apprécier, c'est qu'il frappait et sondait no schistes, persuadé qu'il était qu'ils recélaient des masse de fer.

Ainsi nous voyons dans notre premier travail qu'a Tertre-au-Jau, il avait épuisé à peu près tout le fer. E bien ! par une coïncidence qu'on ne peut pas attribue au hasard, il sonde également les schistes placés à l'ex trémité de la propriété de M. Dussuc, les Granges, situés en face le Tertre-au-Jau, à l'extrémité de Reculée, et séparés par la Maine ; deux points culminants qui dominent les affluents de cette rivière, derniers reste des grandes inondations qui étaient retenues par les schistes.

Sur la propriété des Granges, on a trouvé les trace d'une exploitation du fer oxydulé, et cette découverte est due aux travaux qu'on exécute pour faire le chemin de fer de Laval allant rejoindre la gare de Saint-Serge (mars 1878).

Ces schistes aujourd'hui paraissent perpendiculaires,

bien qu'ils présentent un angle de 70 degrés, retenant çà et là deux dépôts de masses tabulaires de fer, faciles à enlever, d'autant plus que certaines parties sont complétement altérées, tandis que d'autres ont conservé leur état primitif sur deux endroits différents, mais identiques dans leur position. On voit les couches concordantes avec les strates du schiste de nature variable.

Cette altération tient évidemment à la nature du schiste en couches concordantes. Ainsi sur une étendue de deux à trois cents mètres, on reconnaît avec un peu d'attention que ces couches, autrefois horizontales, ont relevé un terrain qui lui était antérieur, en le rejetant à droite et à gauche.

Ainsi on voit le schiste argileux bleu à calymènes ; généralement, les restes organiques sont très-nombreux dans la plupart de ces dépôts. Là, il ne nous a pas été possible d'en rencontrer la moindre trace ; cependant la nature du schiste, ses couches, sa couleur ne laissent aucun doute sur l'étage auquel on doit l'attribuer, tandis que si l'on examinait avec attention les schistes appartenant au même étage aux fourneaux à chaux, ces schistes qui ont été relevés par une masse de calcaire, on a trouvé à la même époque de nombreux fossiles appartenant à la série des calymènes, des Asaphus Buchii et Caudatus et peut-être même de nouvelles espèces qui ne sont pas encore déterminées.

Touchant ce schiste à calymènes, on voyait des bandes de schistes passant à l'état de grès, des quartzites, et enfin une bande de grès de schiste devonien contenant, disséminées sur une de ses surfaces, des impressions végétales, des tiges même, telles que ficoïdes, etc.

Le dépôt de fer oxydulé non bi-polaire avoisine le dépôt de quartz blanc, concordant avec les couches qui l'avoisinent, se trouve disloqué à la partie inférieure, tandis que de nos jours le fer oxydulé est passé à l'état de fer hydraté.

Sur les côtés, un léger sillon humide indique que les petites quantités de fer hydraté qui sont en formation sont dues à une source limpide chargée de conferves.

Il existe également un dépôt très-important de fer oxydulé cloisonné que les anciens ouvriers de la mine négligèrent et rejetèrent pour ainsi dire hors de toute atteinte. Ce fer cloisonné peut, de prime-abord, être pris pour une scorie, mais les sections de chaque cloison sont toutes uniformes, chargées de fer, quelquefois de formes géodiques, et c'est là que l'on peut rencontrer les plus beaux échantillons de fer oxydulé cristallisé en octaëdres.

Une bande de schiste arenacé en contient également, preuve nouvelle que le dépôt de fer a eu lieu par parties plus ou moins importantes.

Ces schistes appartiennent évidemment aux terrains paleozoïques dans lesquels apparaissent pour la première fois quelques animaux et des plantes, que nous étudierons plus tard ; pas d'oiseaux, de mammifères et de myriapodes, véritable terrain fossilifère inférieur de Labèche appartenant au huitième groupe de la Grauwake.

De cette fois, une seule galerie prolongée en suivant les strates du schiste se terminait par deux galeries correspondant aux deux points qu'on voulait exploiter. Rien de plus naturel ; le mineur a placé sa galerie entre

les deux strates, ce qu'il fit réellement ; en faisant ainsi il était facile d'exploiter l'un et l'autre amas, et de faire extraire à l'extrémité de chaque dépôt le minerai de fer.

Dans notre premier mémoire, nous ne pouvions attester que la fonte se faisait sur les lieux mêmes, rien ne le prouve encore aujourd'hui.

En quittant la mine, en l'abandonnant en raison de son peu d'importance ou par suite de son épuisement supposé, le mineur a rarement laissé dans la mine les outils dont il faisait usage. Cependant, l'un d'eux a laissé différents objets dont nous nous occuperons bientôt et qui se rapportent au VII^e^ siècle.

Dans le même endroit, nous avons trouvé dans de bonnes conditions de conservation, des impressions végétales qui ont été déposées à l'époque de la formation du schiste, ce dont nous ne pouvons douter, puisque nous retrouvons encore un léger dépôt de schistes talqueux accompagné de traces de schistes anthraxifères, derniers restes d'un dépôt de matières végétales.

Le tracé des routes est une chose qui paraît quelquefois bien bizarre au géologue, car l'ingénieur a pour but principal, d'aller autant que possible en ligne droite pour abréger les distances. En général, il en est ainsi pour les chemins de fer, mais aussi il s'éloigne des bons matériaux et met à découvert certains produits qu'on est heureux de rencontrer et dont on ne se doutait pas ; le minéralogiste n'a pas à s'en plaindre, le conchyologiste et l'historien même n'ont souvent qu'à s'en louer.

L'historien, en prêtant l'attention aux travaux qui

s'exécutent sous ses yeux, voit son cadre s'étendre, trouve des explications naturelles dans les phénomènes géologiques, par suite des objets qu'il rencontre dans le sol. Enfin les phases de la vie de nos ancêtres deviennent plus faciles à saisir, surtout quand on retrouve quelques-uns des objets dont ils se servaient.

Aussi étudier les archives dans les collections ne présente aucune difficulté, l'histoire du temps passé est écrite, tandis que le géologue qui rencontre certains objets d'un usage journalier à l'époque de l'exploitation des mines, ne peut préciser le siècle auquel appartiennent ces objets.

On peut même souvent douter de leur usage, cependant il en est certains dont on se sert aujourd'hui dans les mêmes conditions pour exploiter un filon ou un amas.

Tous les auteurs modernes sont d'avis que les fossiles du terrain anthraxifère se retrouvent dans les terrains schisteux ou de transition. Nos recherches ne feront que corroborer cette opinion, car personne jusqu'à ce jour n'a émis une opinion contraire.

Nous avons trouvé le fruit du *Trigonocarpum ovatum*, des tiges *d'equisetum*, et des impressions de feuilles bien caractérisées.

Tous ces fossiles se trouvent en général dans le schiste espèce de grauwake, parallèlement à la stratification ; la roche ambiante a enveloppé les *equisetum*, tandis que l'intérieur est passé à l'état de silice.

Nous devons à M. Bazin la connaissance des fossiles de ce terrain ; nous ne doutons pas qu'il retrouvera bientôt quelques espèces nouvelles pour notre pays,

puisqu'aujourd'hui il possède une grande quantité de fossiles qui n'ont pas été étudiés.

Fruit du conifère *Trigonocarpum ovatum.*

La structure ligneuse de ces arbres se rapproche de la division des araucarias, au genre *Dadoxylon* du professeur Endliger.

Ce fruit a d'abord été pris pour celui du palmier. Trouvé la première fois dans les mines de Saint-Georges-Châtelaison, recouvert de houille, tandis que celui que nous avons est passé à l'état de géode de fer oxydulé.

D'après le Dr Hooker, ce *Trigonocarpum* appartient évidemment à la vaste section des conifères, et certains échantillons que ce professeur possède font bien voir la structure intérieure, et il semble que les grès, les minerais de fer, les schistes et la houille en contiennent toujours d'après Georges Lyeel.

Ce fruit, par sa dessiccation, perd sa pulpe et, placé au milieu d'une boue ferrugineuse, s'est rempli peu à peu, s'est desséché, tout en conservant sa forme primitive. Son enveloppe extérieure résistant à la décomposition, tandis que le fer oxydulé à l'état de suc, d'une consistance mielleuse, s'est solidifié et a formé une petite masse mamelonnée de fer oxydulé.

Remarquons que l'enveloppe de ce fruit a été elle-même recouverte de plusieurs couches ferrugineuses, que ces couches sont plus ou moins complètes, que la base en a retenu une plus grande partie. Nous avons donc une forme géodique composée en partie de matière végétale, le tout chargé de fer oxydulé.

laires.
s nos
ppar-
e sont
qui est
d'une
eaux,
schiste
e dans
t plus
orésen-
usé, le
as due
s bien
qui ont
dement
de gra-
; tandis
u dépôt
suite de
s, cer-
des fou-

toujours
remplis-
ite d'un

aussi bien

bi-polaire
iste qui a

Jusqu'à ce jour, cette forme mamelonnée n'a pas été signalée.

On a trouvé abondamment : 1° *Tiges de Calamites radiatus*. Brgt. Equisetacées. *Calamites transitionis*. Gappert [1].

Cette tige est cylindrique ou à peu près articulée, fermée par un diaphragme, sillonnée régulièrement dans le sens de la longueur. Les sillons traversant directement les alternants et les articulations, feuilles verticillées, etc.

La gaine se rencontre rarement, d'après M. V^an^ Schimper dans son beau Mémoire sur le terrain de transition des Vosges.

Cette calamite avait été primitivement trouvée dans le département du Haut-Rhin, à Buschweiller, et la *calamite cystii* à Montrelais ; telles sont du moins les indications sommaires des localités que donne la *Géologie* de Huot (t. II, p. 560).

Dans certaines parties, on observe que les sillons longitudinaux ont subi une légère pression, qu'ils sont devenus ondulés par suite d'une pression exercée un peu avant la solidification de la matière qui les a remplis.

Pour Rœmer et V. Meyer cette calamite serait le *Cannæformis*.

On a longtemps discuté sur la nature de la plante à laquelle on a donné le nom de *Stigmaria ficoïdes*, qu'on a trouvée il y a vingt ans à Montrelais et également dans les Vosges ; aujourd'hui, tous ces stigmaria sont regar-

[1] Voir le *Journal de Maine-et-Loire* du 8 avril 1878.

dés comme des souches, des racines, des sigillaires. Nous n'avons pas trouvé jusqu'à ce jour dans nos schistes ces stigmaria, parce que nos échantillons appartiennent tous à de jeunes arbres, et ceux qui se sont conservés avec les parties inférieures de la tige qui est toujours légèrement circulaire, forme arrondie d'une tige longtemps couchée à la surface du sol ou des eaux, ne s'est pas détachée et se trouve recouverte de schiste qui en cache la forme : avec cette différence que dans notre terrain houiller les tiges de sigillaire sont plus fortes, appartenant à des sujets plus développés, présentant une gorge parallèle, à l'axe quelquefois évasé, le plus souvent à bords bien limités, ne paraissant pas due à un aplatissement par suite d'une pression ; mais bien à la nature particulière de la tige, puisque ceux qui ont conservé leur forme primitive ronde sont également affectés d'un axe solide transformé en pierre carrée granulaire ou grauwacke de notre terrain houiller ; tandis que ceux que nous retrouvons aux environs du dépôt ferrugineux sont passés à l'état de quartz, par suite de son rapprochement du filon quartzeux ; de plus, certaines parties des tiges ont été prises pour des fougères.

En somme, le noyau de ces équisitacées est toujours formé du grès ambiant ; il faut admettre que le remplissage s'est fait mécaniquement et non par suite d'un mouvement moléculaire.

Cette observation générale se rapporte tout aussi bien aux sigillaires, aux stigmaria, aux calamites.

Comme les trois amas de fer oxydulé non bi-polaire appartiennent à la même époque que le schiste qui a

sépare le schiste du fer, nous ne devons pas être étonné qu'aucun des échantillons que nous avons trouvé n'ait été transformé en fer oxydulé, sauf un seul. La petite quantité de sulfure de fer et de cuivre qu'on trouve ç et là n'a aucune importance.

2° En général, ces schistes exhaussés, ces grès schisteux, offrent fréquemment des ondulations à leur surface, et l'on retrouve fréquemment dans leur voisinage une couche mince de houille avec schistes carbonifères talqueux. C'est dans son voisinage que nous avons retrouvé les tiges simples du *Psilophyton princeps* de Dawson, pour d'autres auteurs un *Cyatophyllon* du genre *Eryterus*.

Ce *Psilophyton princeps* présente une tige simple dont l'écorce a été détruite, complétement silicifiée et se brisant selon les strates du schiste argileux.

L'extrémité de ces tiges, extrémité radicale, est toujours recourbée et empatée dans le schiste, sans qu'il soit possible de reconnaître la nature de la racine. Ne serait-ce pas cette tige que Huot, dans son *Traité de géologie* (t. II, p. 516), avait reçu en 1839 des ardoisières d'Angers et qu'il attribuait à une laminaire?

Cette tige de psilophyton ne se rencontre pas seulement dans cette localité, dans le voisinage du dépôt de fer oxydulé, elle se trouve également en quantité notable au Tertre-au-Jau ; sur la commune de Bouchemaine dans une carrière appartenant à M. Fillion, et nous pensons que l'extrémité supérieure de la tige étant trop faible, a été détruite au milieu du suc schisteux, brisé et annulée complétement.

3° Impressions des feuilles en éventail.

Astérophyllites. On n'est pas d'accord pour savoir si les astérophyllites étaient ou non le feuillage des calamites. Le professeur Williamson d'après ses recherches conclut, qu'il n'y a pas lieu de s'arrêter à cette opinion; cependant, MM. Schimper et Carruthers la soutiennent, car ce dernier prétend même avoir trouvé des feuilles attachées à la tige de cette dernière plante.

Nous avons sous les yeux un échantillon de calamite, autour de la tige se trouve un amas de feuilles; cette circonstance n'a peut-être pas une très-grande valeur. Cependant, il y a là une présomption qui nous ferait admettre l'opinion du professeur Carruthers.

Enfin, le même courant a entraîné feuilles et tiges. Bien plus, on trouve également certains morceaux de quartz de forme oblongue, recouverts de pâte schisteuse et qui se détachent facilement par suite d'un choc, soit au milieu des impressions des feuilles, soit au contraire dans les parties où l'on ne rencontre ni feuilles ni tiges.

On admettra également que dans cette condition, il y avait des calamites plus ou moins développées, car dans un bouleversement de cette nature, tous les végétaux étaient entraînés, à moins qu'ils n'eussent vécu sur les lieux mêmes, au milieu des boues schisteuses. Dans tous les cas, ces objets se trouvaient enveloppés; les calamites équisetées et autres, dont une partie pouvait commencer à se développer, devaient plus que tout autre être entraînées et se solidifier.

C'est du moins ce que nous supposons pour ces amandes quartzeuses qui sont trop petites pour appartenir à des fruits.

Une seule fois nous avons rencontré une nodule dont la surface était chagrinée comme si elle était chargée d'écailles.

4° *Krusiana* de quelques auteurs. *Fucoïdes harlani. Lucoïdes heterophyllus.* Caractère à tige quadrangulaire. Depuis longtemps déjà, on sait que l'étage silurien inférieur de Dorbigny nourrissait différentes espèces appartenant au genre des poissons inconnus dans l'époque antérieure, des brachiopodes, des crustacées, quelques plantes marines qui devaient être en grand nombre et dont il nous reste seulement quelques débris. Les premières découvertes ont été faites à New-York, figurées et décrites par M. Mall. Aujourd'hui nous en retrouvons bon nombre, surtout parmi les *fucoïdes biloba* du groupe Elinton, ayant une tige quadrangulaire, *fucoïdes biloba* ou *Krusiana fucoïdes.* Jeunes et vieilles tiges se rencontrent au milieu de notre territoire exhaussé ; nous ne rencontrons que la tige, quelquefois avec surface uniforme comme le *fucoïdes harlani*, d'autres fois bilobée à sa surface avec sillon longitudinal.

Les jeunes tiges appartiennent à des sujets qui n'ont pas acquis tout leur développement ; quelques parties n'ont laissé qu'une légère trace de leur partie extérieure. Ce sillon longitudinal correspond à l'axe de la tige intérieure, et ne nous paraît être que le résultat de l'affaissement du cylindre ligneux extérieur, par suite de son séjour au milieu des eaux non résistant, entre lui et le cylindre extérieur. Une autre cause pourrait bien avoir produit les mêmes effets ; par exemple, le remplissage de cette jeune tige qui s'est fait encore ici mécaniquement, car si quelquefois la partie centrale est

quartzeuse, on la voit aussi remplie de matières qui forment le schiste quartzeux. Il faut bien admettre que ces matières remplissantes étaient à l'état de suc quartzeux, occupant premièrement les parties vides qu'il rencontrait et qu'une fois que la solidification était achevée, tout en se développant moins dans la partie interne, en raison de la petitesse ou de la nature du cylindre intérieur ; tandis qu'au contraire les développements avaient lieu sur les parties environnantes, de là le sillon longitudinal.

On a donné un singulier nom à ce fucoïde à deux lobes, sans avoir égard à la disposition quadrangulaire de la tige. Le nom de *Bilobites* n'a rien de sérieux, surtout ayant dans notre pays des Trilobites. Disons de suite que cette innovation est inutile. De plus l'auteur s'adresse à Paris pour connaître le nom de cette plante. On en ignorait, écrit-on, le nom ; cependant Dorbigny, dans son *Cours de paléontologie*, publié en 1852, en désigne quatre espèces ou variétés.

Bien que cette tige appartienne à une calamite, comme les autres plantes de cette famille, elle a quelques articulations ; sur les sujets plus âgés, les stries sont ondulées, quelquefois peu visibles, et sa conservation est mauvaise dans les quartz, tandis que dans les schistes qui n'offrent qu'une légère résistance, elle est aussi complète que possible.

Ce fucoïde se trouve à la carrière des Landes du Montbout ; entre le Lion et Fougères (dans l'Ille-et-Vilaine) ; dans un grès à Combrée ; à Angers, dans les schistes, sur la propriété de M. Dussuc, aux Fours à Chaux.

On trouve aussi certaines tiges dont la surface a été enlevée et qu'on serait tenté de prendre pour le *Sagenaria welthimiana* de Schimper [1].

5° *Parka decipiens* à forme conique ou aplatie.

Au milieu du grès dévonien, sur les parties tubulaires, on trouve de nombreux échantillons de *Parka decipiens*, de Powue, par petits amas, qui ont été regardés primitivement comme des œufs de crustacées ayant généralement une forme arrondie, dont la partie centrale est exhaussée comme une espèce de baie rappelant la forme d'une mûre ou d'une fraise comprimée quelquefois. Sur certains échantillons, la forme primitive s'est conservée ; dans d'autres, au contraire, la masse s'est aplatie, toujours recouverte de fer oxydé qui s'est glissé entre les feuillets du schiste.

Aujourd'hui on est tenté de croire qu'on a sous la main des excréments de crustacées.

DIFFÉRENTS OBJETS TROUVÉS DANS LA GALERIE.

L'historien grec Agathias, le scolastique qui vivait dans le VI^e^ siècle, écrivait : « Les Francs ne sont point sauvages comme la plupart des autres peuples barbares en beaucoup de choses. Ils ont adopté la police et les lois romaines dans le culte divin, ils ne s'écartent pas du rite romain ; leurs fêtes sont semblables aux nôtres.

[1] M. Tissandier, dans la *Nature*, revue des sciences, d'après sa lettre du 22 avril 1878, comprenant l'importance de nos recherches, s'engage à publier la nomenclature des fossiles de ce terrain devonien, partie toute nouvelle pour l'Anjou.

Pour des Barbares, ils me semblent très-civilisés et très-policés. »

Ce portrait en dit assez pour que nous sachions quel était l'état de nos populations travailleuses, civilisées et policées ; il faut convenir que nous n'étions pas trop barbares.

En parcourant la galerie de la mine on a trouvé : 1° une clef ; 2° une amulette ; 3° un marteau.

On admettra sans peine que la mine avait une porte, puisque nous trouvons une clef, assez forte pour supposer que la serrure ne manquait pas de solidité et qu'on n'avait pas économisé le fer pour fabriquer le pène, etc.

1° Cette clef, que nous possédons, pèse environ 500 gr ; sa longueur est de 17 centimètres ; le diamètre de l'anneau est de 8 centimètres ; le panneton a 6 centimètres de longueur sur 4 de largeur avec échancrure profonde, c'est-à-dire formant deux lancettes de fer correspondant aux deux dents du péne.

De l'époque mérovingienne, on a signalé une clef également en fer très-oxydé, d'une conformation à peu près identique. On peut conclure que si à cette époque, un objet de cette force était sur-oxydé, il y avait bien quelques siècles qu'elle était forgée, c'est-à-dire se rapportant à l'époque gallo-romaine.

2° *Amulette mérovingienne.* — Nos ancêtres avaient l'habitude de déposer ou d'utiliser les pierres qui leur paraissaient singulières, à cause de leurs formes plus ou moins bizarres ; les veines qu'on y rencontrait, se croisant plus ou moins régulièrement, en faisaient un objet vénéré. Les unes pouvaient être employées telles que la nature du sol les produisait, tandis que d'autres

pouvaient très-bien être conservées après avoir été tr
vaillées, après avoir été retouchées par la main de cel
qui les vénérait ; telle est du moins celle que nous avo
retrouvée dans la galerie de la mine. Cette amulette e
un quartz du diluvium ; on peut assurément en trouv
de pareilles sur notre sol même, tandis que celle de
mine porte à sa partie supérieure une belière arti
tement travaillée et polie pour qu'on puisse facileme
la porter au cou suspendue à un fil : de forme ovoïd
grosse comme un œuf de pigeon, elle porte deux vein
de quartz s'entrecoupant, se croisant à la partie infé
rieure.

Les membres supérieurs du clergé ne manquaie
pas de zèle pour proscrire le culte des pierres pendant
moitié du v^e^ siècle ; mais du moment que l'amulet
présentait une image plus ou moins régulière de la cro
on la tolérait, car on a retrouvé des amulettes q
portent ce signe, bien qu'il soit simplement sur
pierre de nature différente, mais susceptible de recevo
ce stigmate. Il fallait alors qu'il appartînt à un calcair
telle est du moins l'opinion émise par un auteur mo
derne (M. E. Fleury, dans l'ouvrage qui traite d
monuments et des antiquités du département d
l'Aisne).

Ainsi cet auteur signale à notre attention une bou
de matière ferrugineuse, qu'on croit être un fer météo
rique ou aérolithe, tombée du ciel, laquelle est sertie d
deux cercles d'argent se coupant à angles droits sous
boule, enfin se reliant au sommet pour former u
belière à l'aide de laquelle cette boule se suspendai
C'est à Corbeny que cet objet a été trouvé, dans u

tombeau, placé sur la poitrine d'un personnage important.

C'était encore une amulette ou un porte-bonheur, tandis que dans le tombeau de Chilpéric on trouve dans les mêmes conditions une boule de cristal avec armature d'argent, laquelle pendait au collier du roi.

Cet usage remontait à un usage bien plus ancien, car les Romains pendaient un bulbe d'or au cou des enfants de nobles familles, etc...

Les auteurs anciens attribuaient des propriétés merveilleuses à l'œtite ou pierre d'aigle, à tout objet naturel qui avait une forme ovoïde. Ainsi Marbode, en 1135, dans son livre *de Gemmis*, traduit en langue gauloise, s'exprime ainsi :

> Quand l'aigle la mult s'en cunforte,
> De mult lointain pays la porte.

Plus loin : « Grand bien il fait a lenfanter. Donne richesse, fait aimer, fait fuir, tout danger tout venir. »

Xénophon écrit que de son temps la vue de l'aigle portait bonheur, à plus forte raison son œuf.

Certainement il y a un rapport intime entre l'œtite, la pierre ovoïde et l'œuf sacré des Romains, symbole de la fécondité [1], et même avec le fameux Anguinium des druides, qui lui attribuaient la propriété singulière d'assurer le succès dans toutes les entreprises.

S'il en est ainsi, pourquoi notre mineur portant au cou cet emblême n'espérait-il pas voir son succès assuré et son travail récompensé?

[1] Voir une note sur l'œtite ou pierre d'aigle, *Mémoires de la Société académique d'Angers*, t. XX.

3° *Marteau.* — Un marteau en fer d'une longueur de 10 centimètres, épaisseur 5 millimètres, avec ouverture destinée à y placer un manche en bois, dont il ne reste pas de trace : cette masse de fer est émoussée ; elle était destinée à enfoncer une pièce en fer pour faciliter l'extraction du fer, telle que nous le fabriquerions aujourd'hui, pour faciliter une pareille besogne.

La totalité de surface de cette masse de fer est passée à l'état de fer hydraté par suite de son séjour dans un lieu humide ; cet objet, ainsi que l'amulette et le trigonocarpum figurent dans la collection de notre confrère Bazin.

PHYSIQUE

NOTES SUR DIVERS SUJETS

ACOUSTIQUE, THERMO-CHIMIE, ÉLECTRICITÉ MÉTÉOROLOGIE

PAR

C. DECHARME

ACOUSTIQUE. I. Sur un mode particulier de transmission des sons à petites distances.

II. Sur une disposition nouvelle de la plaque vibrante du téléphone, pour augmenter sa sensibilité.

III. Sur un nouveau mode d'inscription durable des vibrations des corps élastiques.

IV. Simplification et généralisation de l'expérience de Melde.

THERMO-CHIMIE. V. Anneaux colorés thermiques sur toiles métalliques.

ÉLECTRICITÉ VI. La lumière électrique aux ardoisières d'Angers.

MÉTÉOROLOGIE. VII. Sur le verglas extraordinaire des 22 et 23 janvier 1879, à Angers.

VIII. Note sur une migration de papillons observée à Angers.

ACOUSTIQUE

I

Sur un mode particulier de transmission des sons à petites distances.

Dans mes recherches sur les formes vibratoires des plateaux de verre, j'ai été conduit à des expériences relatives à la transmission des sons, à petites distances, par un mode particulier qui peut présenter aujourd'hui quelque intérêt d'actualité.

Après avoir fait vibrer synchroniquement, par communication, deux plateaux à l'unisson, en excitant l'un d'eux avec l'archet, ces plaques étant reliées l'une à l'autre par un fil métallique de 10 à 20 centimètres de longueur, j'ai cherché le moyen de faire entendre les sons à une distance plus grande.

Pour cela, j'ai dû modifier les dispositions expérimentales et recourir au procédé employé par MM. Mercadier et Cornu [1], pour transmettre graphiquement les vibrations sonores, lequel consiste à suspendre, à des ron-

[1] Comptes-rendus de l'Académie des sciences, t. LXXIII, 178 (17 juillet 1871), et *Journal de physique*, I, p. 114 (1872).

delles étroites de caoutchouc, le fil de communication, non tendu et long de 4, 6, 8, 10 etc. mètres; mais au lieu de faire simplement inscrire, comme ces expérimentateurs, les vibrations synchrones, j'ai voulu transmettre les sons eux-mêmes et les rendre perceptibles à tout un auditoire.

A cet effet, j'ai mis en communication l'une des extrémités du fil intermédiaire avec le bord du plateau vibrant et l'autre avec un corps capable de résonner facilement. J'ai fait choix pour cela d'une feuille de clinquant de $0^{mm},08$ à $0^{mm},09$ d'épaisseur, découpée en cercle de $0^{m},20$ de diamètre, ou prise dans toute sa longueur $0^{m},60$ sur $0^{m},20$ de largeur. Cette feuille était, soit directement suspendue, par son centre ou par son sommet, au fil métallique (à l'aide d'un peu de cire à modeler), soit supportée en outre par une des extrémités ou par les deux, au moyen d'anneaux en caoutchouc.

En excitant le plateau avec l'archet, pour lui faire rendre successivement différents sons, les vibrations se communiquaient au fil, puis à la feuille de clinquant qui, vibrant synchroniquement, faisait entendre les mêmes sons que le plateau, à plusieurs mètres de distance et avec une intensité qui égalait souvent et surpassait même parfois celle de son générateur. Quelques harmoniques et surtout le son fondamental étaient rendus stridents.

Quand on remplaçait le fil linéaire par un fil en hélice, fer ou cuivre, d'un millimètre de diamètre, ou mieux, par une longue hélice de plus d'un mètre de tournure de fer (provenant d'une machine à raboter), certains sons se prolongeaient durant quatre ou cinq

secondes. Une étroite lanière de clinquant, large aux extrémités, ou une bandelette de toile métallique, produisait également bon effet.

Substituée au clinquant, une feuille d'étain de $0^{m},75$ de longueur, sur $0^{m},16$ de largeur et de $0^{mm},07$ d'épaisseur, rattachée au plateau par l'hélice en fer, résonnait presque à tous les sons du plateau avec une grande netteté. Les sons graves étaient très-forts et se prolongeaient dans la feuille, presque aussi longtemps que dans le plateau lui-même. Les sons aigus étaient tremblotants.

Cette même feuille d'étain suspendue par son milieu à un gros fil de cuivre entouré de soie, roulé en hélice, fixé au plateau à la cire molle, a donné de très-bons résultats. Le son déterminé dans cette feuille était plus fort que celui du plateau.

Des feuilles de papier épais, placées dans les mêmes conditions que les feuilles de clinquant et d'étain, résonnaient à l'unisson avec le plateau, pour la plupart des sons produits dans celui-ci. Mais ces sons étaient peu durables.

Je citerai maintenant les résultats de quelques expériences faites avec un *alto*. Une petite lame de laiton, soudée au fil métallique de communication (fil de fer, de laiton, de cuivre), était introduite sous le chevalet de l'instrument, l'autre extrémité de ce fil étant fixée à la feuille de clinquant ou d'étain, avec de la cire molle. Lorsqu'on faisait résonner les cordes de l'alto, la feuille métallique suspendue au fil non tendu, long de 6 à 10 mètres, résonnait assez nettement, pour certains sons, en petit nombre.

L'emploi d'un fil plus court en hélice, et surtout de

'hélice en tournure de fer (précédemment citée), était d'un meilleur effet ; les sons étaient à la fois plus forts et plus durables qu'avec un fil rectiligne de même longueur.

J'ai voulu ensuite réaliser la réciproque, c'est-à-dire, faire résonner l'alto, en le mettant en communication avec un plateau vibrant ; l'expérience n'a réussi assez bien, qu'en employant l'hélice en tournure de fer. L'instrument résonnait en effet, sinon à l'unisson, du moins en rendant un des harmoniques du son générateur.

En se servant d'un plateau en fer-blanc dans lequel on pouvait provoquer, sans risques, des vibrations très-amples, on obtenait avec un fil de 4 à 5 mètres de longueur et tendu, des sons prolongés dans l'alto, surtout quand les sons de la plaque étaient par hasard, ceux des cordes de l'instrument (abandonné à lui-même) ou leurs harmoniques, même inférieurs au son le plus grave que pût rendre la grosse corde.

Il n'est pas douteux qu'on ne puisse, par ce moyen, ou un autre analogue, mettre en vibration un instrument à cordes et lui faire reproduire à distance, les sons rendus par un autre instrument relié à lui par l'intermédiaire d'un fil métallique en hélice.

En résumé : 1° On peut, sans le secours de l'électricité voltaïque ou d'induction, par un procédé purement mécanique, transmettre à la distance de 5,6,10 etc. mètres, les différents sons d'une plaque vibrante, d'un diapason ou d'un instrument à cordes, en les mettant en communication avec des feuilles de clinquant ou d'étain qui rendent presque tous les sons ; et cela, non point par l'emploi de tiges rigides (comme l'a fait

M. Pepper, en 1855, pour divers instruments dont on jouait simultanément et dont on pouvait entendre, à la distance de deux étages, les mélodies et les accords), mais, en établissant la communication entre les corps vibrants au moyen de fils métalliques *non tendus*, roulés en hélice et fixés de part et d'autre avec de la cire molle.

2° Une feuille de clinquant de $0^{mm},07$ à $0^{mm},1$ d'épaisseur et même une feuille d'étain de cette dimension, se comporte presque comme une membrane organique qui *vibre* à tous les sons; avec cette différence, tout à l'avantage de la feuille métallique, qu'elle n'a pas besoin d'être tendue et que l'humidité n'a aucune influence sur ces qualités sonores; et tandis que la membrane organique ne fait que vibrer, l'autre rend des sons perceptibles. On peut donc utiliser la feuille de clinquant, sous ce rapport, en acoustique, en téléphonie et en microphonie; car elle est d'une grande sensibilité, spécialement pour certains sons qui lui sont propres. Un système de plusieurs feuilles métalliques de dimensions différentes et accouplées, rendrait, par l'une ou par l'autre, probablement tous les sons émis par un corps vibrant avec une énergie suffisante.

II

Note sur une disposition nouvelle de la plaque vibrante du téléphone ayant pour but d'augmenter sa sensibilité.

En étudiant le mode vibratoire des plateaux circulaires, j'ai eu l'occasion de faire l'observation suivante qui pourrait trouver quelque application utile, notamment dans l'emploi du téléphone.

Lorsqu'on se place à quelques décimètres et même à un mètre au-dessus ou dans le voisinage d'un plateau de verre, de laiton ou de fer-blanc, de $0^m,30$ à $0^m,40$ de diamètre, fixé par son centre à un support solide, et que l'on émet, même très-doucement, un des sons que cette plaque peut rendre, on entend ce son reproduit avec assez d'intensité pour être perçu à la distance de plusieurs mètres. J'ai remarqué que, dans cette circonstance, le plateau était beaucoup plus sensible à l'action de la voix, quand il était ainsi fixé par le centre, que lorsqu'il reposait par quelques points de son pourtour

sur des obstacles fixes, comme des arêtes ou des pointes de bouchons de liége.

Je conclus de cette expérience qu'en employant, comme on le fait actuellement dans le téléphone, des plaques vibrantes fixées à leur pourtour, on est loin de leur laisser la sensibilité dont elles sont susceptibles, toutes autres choses égales d'ailleurs.

Il serait d'abord plus rationnel de fixer ces plaques suivant une nodale concentrique (comme on fixe les lames d'un *harmonica*), que par les bords mêmes et qui plus est, sur une zone d'une largeur relativement assez considérable.

Enfin, il serait bien préférable de ne les fixer que par un seul point, leur centre, en laissant tous les autres entièrement libres. C'est ainsi qu'une feuille circulaire de clinquant, reliée par son centre, ou par un autre point unique (au moyen d'un fil métallique non tendu, de 5, 6, 8 mètres et plus) à un des plateaux précédents qu'on met en vibration, fait entendre tous les sons que donne ce plateau et avec une intensité qui égale souvent et qui dépasse même parfois celle de son générateur, pour le fondamental et quelques harmoniques.

C'est ce qui explique aussi pourquoi un vase à pied (assimilable à une plaque dont les bords seraient recourbés et entièrement libres) est très-sensible à certains sons émis par la voix ou par un instrument.

Puisqu'il est prouvé par là qu'une plaque vibre mieux quand elle est fixée seulement par son centre que quand elle l'est par son pourtour, l'emploi de cette disposition dans le téléphone semble donc naturellement indiqué; ce qui d'ailleurs ne peut présenter de difficulté sérieuse

dans l'application ; il suffira de terminer l'électro-aimant en couronne circulaire et d'agrandir l'ouverture du pavillon jusqu'à la moitié de la plaque. L'expérience aurait bientôt trouvé la meilleure disposition à cet égard.

III

Note sur un nouveau mode d'inscription durable des vibrations des corps sonores et en général des corps élastiques.

Le procédé ordinairement employé pour inscrire les vibrations d'un corps élastique consiste à adapter à l'extrémité de ce corps un style léger (lame de clinquant, baleine, crin, etc.), s'appuyant doucement sur la surface d'un cylindre enduit d'une couche de noir de fumée. Lorsque le cylindre est animé d'un mouvement de rotation et de progression suivant son axe et que le style, amplifiant le mouvement qu'il reçoit, vibre tangentiellement et parallèlement aux génératrices du cylindre, ce style laisse sur le noir de fumée des traces onduleuses et continues de son passage, figures dont chaque sinuosité correspond à une vibration.

Malheureusement, les tracés délicats que l'on obtient

ainsi, ne sont pas susceptibles d'être conservés, le moindre contact du doigt les efface. On pourrait, il est vrai, les recouvrir d'un vernis préservateur, ou, dans certains cas, remplacer le style par un crayon tendre, un pinceau encré, une plume à écrire, et recouvrir alors le cylindre d'une feuille de papier blanc; on obtiendrait ainsi des tracés ineffaçables. Mais il m'a semblé qu'il serait possible d'atteindre complétement ce but, tout en donnant au procédé graphique une grande exactitude; voici comment.

Dans mes recherches sur les formes vibratoires des plateaux circulaires, j'ai été conduit à comparer leur mouvement à ceux de la plaque de fer du phonographe et à reproduire leurs vibrations par gaufrage sur un papier d'étain ou sur un papier spongieux, ce que j'ai pu réaliser facilement de la manière suivante.

Après avoir fixé à la cire molle un clou à large tête et à pointe mousse, sous le bord d'un de mes plateaux et avoir disposé sous cette pointe une feuille mince d'étain fixée elle-même sur plusieurs feuilles superposées de papier spongieux, le tout étant attaché sur un carton plat, j'ai mis le plateau en vibration; alors, déplaçant en même temps le carton d'un mouvement rectiligne et uniforme sous la pointe traçante, celle-ci oscillant perpendiculairement au carton, inscrivait les vibrations en traits discontinus, sorte de gaufrage d'un relief très-prononcé, analogue au pointillé que donne le phonographe sur la feuille de papier d'étain-plomb qui glisse sous la pointe de la plaque vibrante.

[redacted]mplitude des vibrations de mes plateaux de $0^m,40$ [redacted]mètre étant nécessairement plus considérable que

celle de la petite lame circulaire du phonographe, on conçoit qu'il est possible d'obtenir par ce procédé des effets plus marqués [1].

Au procédé d'inscription que j'emploie actuellement, en dirigeant à la main le papier impressionnable, il ne manque que la régularité; résultat qui peut être obtenu avec un appareil à mouvement uniforme analogue à celui que réalise le phonographe à régulateur. En un mot, il faut appliquer le procédé du phonographe pour enregistrer d'une manière durable, inaltérable, les vibrations des corps élastiques.

Mais il se présente ici une difficulté d'un autre ordre : le mouvement vibratoire imprimé au plateau par l'archet, ne peut conserver une amplitude suffisante pour l'inscription, que durant quelques secondes, si le son est grave et seulement pendant une fraction de seconde si le son est aigu; or, ce temps est, dans le dernier cas, trop court pour obtenir une mesure exacte de la durée des vibrations obtenues. Il faut donc trouver un moyen de prolonger autant qu'il sera nécessaire, le mouvement vibratoire correspondant à un son donné.

Ce résultat peut être obtenu au moyen d'un diapason

[1] Dans mes expériences, les points tracés par le style vibrant perpendiculairement au papier impressionnable sont de formes sensiblement identiques et régulièrement espacés les uns des autres, puisque le mouvement oscillatoire est isochrone, tandis que dans l'appareil phonographique, le mouvement de la plaque vibrante change incessamment avec les inflexions et les articulations de la voix; modifications que la pointe traçante est précisément chargée d'accuser sur le papier mobile, afin de pouvoir reproduire les mêmes vibrations et par suite les mêmes sons, en repassant par le même trajet avec une vitesse égale à la première.

entretenu électriquement (procédé assez fréquemment usité aujourd'hui en acoustique). Pour amener l'instrument à vibrer synchroniquement avec le plateau rendant un son autre que celui du diapason, il suffit d'adapter à celui-ci (ou à une simple tige vibrante jouant le même rôle) un curseur que l'on pourra déplacer à volonté de manière à faire rendre au moteur tel son que l'on voudra.

Pour remplacer cet appareil assez compliqué, j'ai imaginé une pièce mobile qu'on appelle un *trembleur*, dont le principe très-simple est appliqué dans les sonneries électriques qu'une très-faible pile peut mettre en mouvement. Voici la disposition que j'ai adoptée ; je suppose qu'il s'agisse de faire vibrer d'une manière continue un plateau de verre comme ceux dont j'ai étudié les lois de vibrations, plateau de $0^m,40$ de diamètre par exemple.

Je fixe sous ce plateau, à l'aide de cire molle, une petite lame de fer doux, au dessous de laquelle je dispose en regard un électro-aimant à deux branches, dont le fil inducteur se rattache à la lame de fer doux par un autre fil plus fin et plus flexible mais faisant suite au précédent. Un autre point de cette petite lame porte un fil plus gros qui vient butter contre un conducteur aboutissant à l'un des pôles de la pile, tandis que l'autre pôle va à l'électro-aimant. Dans cet état, le courant passe et la lame de fer doux est attirée ainsi que le plateau ; mais pas assez fort pour mettre en mouvement le système oscillant. Alors, au moyen de l'archet on fait vibrer le plateau ; la lame de fer doux est attirée de plus en plus, pendant une partie de sa course (ce qu'on peut régler à volonté en élevant ou abaissant

le contact). Quand le plateau est arrivé à un point ainsi déterminé de son oscillation, le contact cesse et le plateau revient par son élasticité rétablir un nouveau contact qui amène une nouvelle attraction, et ainsi de suite indéfiniment.

L'amplitude de l'oscillation doit nécessairement varier avec l'énergie de la pile et le nombre des spires du fil inducteur; il sera toujours facile dans tous les cas de régler l'ensemble de manière à obtenir un mouvement régulier.

Enfin, si l'on adjoint au système un diapason normal, entretenu électriquement et muni d'un style dont le tracé servira de terme de comparaison, alors on aura un appareil qui permettra d'étudier l'état vibratoire des différents points du corps soumis à l'expérience et par suite de déterminer expérimentalement les formes qu'affectent ses diverses parties pendant leurs mouvements d'oscillation plus ou moins rapides.

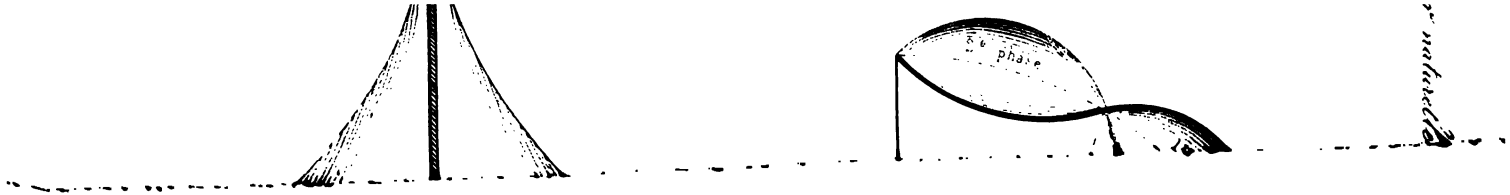
IV

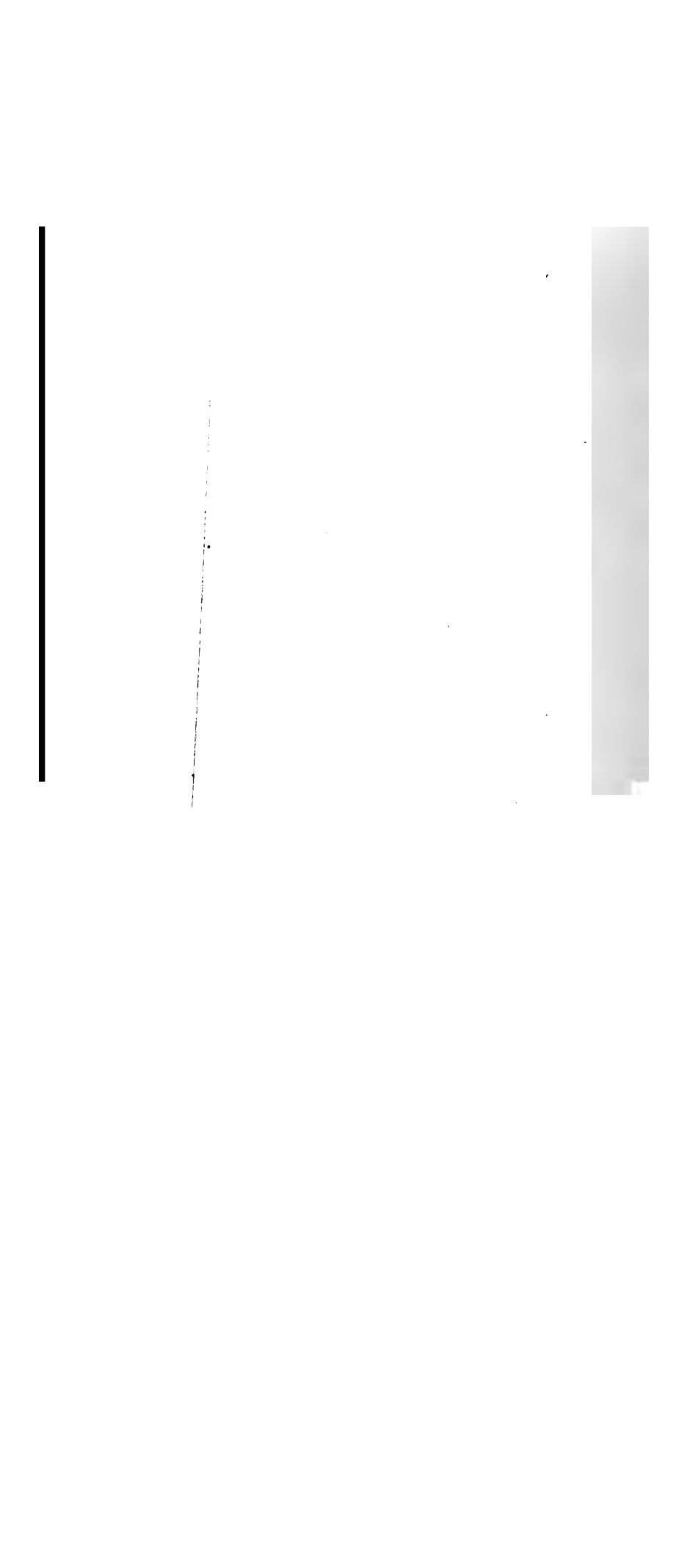
Simplification et généralisation de l'expérience de Melde.

Chacun sait que quand on met en vibration une corde plus ou moins tendue, corde isolée ou faisant partie d'un instrument de musique (violon, alto, violoncelle, contrebasse, harpe, etc.); cette corde rend non-seulement le son qui correspond à son mode vibratoire en un fuseau unique, renflé vers le milieu, mais qu'elle fait encore entendre simultanément d'autres sons assez faciles à distinguer et dont une oreille exercée peut préciser la hauteur.

Ces sons concomitants, que l'on appelle *harmoniques*, sont plus ou moins nombreux, plus ou moins élevés, plus ou moins forts ou prédominants, selon la hauteur du son provoqué, la nature, la tension de la corde, etc. Ajoutons que ce qui vient d'être dit d'une corde s'applique également à une tige, à une plaque, à un vase et généralement à tout corps sonore.

Un son est donc rarement simple, comme celui d'un


5e phase



diapason vibrant sous un coup d'archet franc et rapide. Ordinairement il est composé d'un certain nombre d'harmoniques superposés dont l'ensemble constitue le *timbre* d'un son. La complexité d'un son, ou la coexistence des harmoniques, tient à ce fait mécanique, que la corde, en vibrant, se subdivise, suivant les conditions expérimentales, tantôt en deux moitiés, tantôt en trois, quatre, etc., parties égales, vibrant elles-mêmes séparément, ce qui donne lieu à des sons particuliers, correspondant aux subdivisions de la corde.

C'est ce fait qu'il s'agit de constater, de vérifier, non pas en écoutant les sons produits, ce qui serait très-difficile, mais en montrant aux yeux les divisions mêmes de la corde en mouvement.

Pour faire comprendre en quoi consiste la modeste simplification que j'ai apportée dans cette recherche purement expérimentale, il est nécessaire de rappeler les procédés employés jusqu'ici dans cette voie.

1° La première expérience faite à ce sujet a été réalisée, il y a une quarantaine d'années, par Savart, qui a enrichi l'acoustique d'importants résultats. Cet habile observateur employait une corde blanche filetée, tendue sur un fond noir entre deux chevalets. En pinçant cette corde au milieu, au tiers, au quart, etc., de sa longueur, puis l'abandonnant à elle-même, elle se divisait en deux, trois, etc., parties égales ou fuseaux, assez apparents, mais peu durables.

2° Plus récemment, il y a une quinzaine d'années, Melde, physicien de Marburg (Prusse) disposa l'expérience d'une manière véritablement heureuse, qui lui permit de produire les fuseaux avec la plus grande

facilité, de les rendre durables et apparents à tout u auditoire. Voici en quoi consiste son procédé :

A l'une des branches d'un diapason est fixé un cordo blanc dont l'autre extrémité s'enroulant sur une pouli porte un plateau que l'on peut charger de poids différen selon les effets à produire. Pour une certaine tension, l fil vibre dans toute sa longueur, en un seul fuseau. S l'on affaiblit successivement la tension en diminuant l poids, on arrive à produire, 2, 3, 4, 5, etc., fuseaux trè nets, très-apparents dont les nœuds semblent presqu fixes et dont les concamérations sont plus ou moin étendues. (Là est faite l'expérience qui vient d'êtr décrite.)

En faisant varier le poids tenseur, la longueur, l diamètre et la nature ou la densité du fil, Melde a p vérifier, par ce procédé ingénieux, toutes les lois d vibrations des cordes, lois contenues dans la formul suivante due à Lagrange :

$$n = \frac{1}{2\,r\,l}\sqrt{\frac{g.\,p}{\pi.\,d}},$$

Dans laquelle n représente le nombre des vibration par seconde.

r, l, le rayon et la longueur de la corde

p, le poids tenseur en kilogrammes.

d, la densité de la corde.

g, l'intensité de la pesanteur au lieu d l'observation.

π, le rapport de la circonférence au dia mètre.

Ainsi, pour vérifier la loi des longueurs (les nombres de vibrations sont en raison inverse des longueurs des cordes) on prend trois diapasons ut_1 ut_2 ut_3 dont les nombres de vibrations sont comme 1, 2, 3.

On trouve que le même fil, tendu par le même poids, donne 1, 2 ou 3 fuseaux.

On a pu constater expérimentalement, à l'aide d'un tube en caoutchouc de 8 à 9 mètres de longueur, rempli de sable pour retarder son mouvement vibratoire et le rendre perceptible aux regards, qu'en imprimant à ce tube des oscillations dans le sens de sa longueur, les nombres de fuseaux produits étaient la moitié de ceux des oscillations imprimées avec la main; tandis qu'en agitant le tube perpendiculairement à sa longueur, les fuseaux étaient en même nombre que les oscillations produites.

Pour la loi des poids, on fait d'abord choix d'un poids capable de produire un seul fuseau, puis on le réduit au 1/4, au 1/9 et l'on trouve que la corde se divise en 2, 3 fuseaux, de là la loi

$$n : n' :: \sqrt{p} : \sqrt{p'}$$

Pour la loi des densités, on prend 2, 3 cordes réunies, ce qui donne

$$n : n' :: \sqrt{d'} : \sqrt{d}$$

3° Un habile constructeur de Paris, M. Kœnig, dont la spécialité est la fabrication des instruments d'acoustique, a disposé l'appareil que vous avez sous les yeux, pour réaliser l'expérience de Melde. Il consiste en un diapason à l'une des branches duquel est fixé un cordon

blanc (de la grosseur d'une ficelle ordinaire) le long d'une règle noire, et qu'on peut tendre plus ou moins, à l'aide d'une vis de pression ou tourniquet, comme dans le violon. Cet appareil qu'on doit fixer à une table pour le mettre en expérience, n'est pas susceptible de donner des indications numériques relativement à la tension de la corde ou à sa longueur vibrante. Il est d'ailleurs peu portatif et relativement assez coûteux, le diapason fixe ne pouvant servir qu'à cette seule expérience.

4° M. Tyndall, le savant conférencier de l'Institution royale de Londres, a imaginé des dispositions particulières pour montrer les effets en question à un nombreux auditoire. M. Tyndall emploie un long cordonnet de soie blanche, ou un fil d'argent bruni, extrêmement brillant, ou même un fil de platine rougi par un courant électrique. Lorsque le diapason auquel le fil s'attache est mis en vibration, les fuseaux s'étalent d'une manière splendide sous les yeux des spectateurs émerveillés.

5° Tout récemment, au mois de janvier dernier, un constructeur de Paris, M. Ducrétet, a exécuté sur les indications d'un savant russe, M. Schwedoff, un instrument destiné à produire *d'une manière continue*, les fuseaux de Melde. Pour cela, il a adapté au diapason un trembleur électrique analogue à celui qu'on emploie dans les sonneries électriques. Une échelle graduée donne des indications numériques sur les distances des nœuds ou sur les longueurs des portions vibrantes de la corde. Ce procédé est certainement ingénieux et commode, mais fort coûteux.

Après ces préliminaires un peu longs (relativement à

ce qu'il me reste à dire) mais qui m'ont paru nécessaires, j'arrive au procédé que j'emploie, dans le même but que Melde, d'une manière excessivement simple et à la portée de tous les expérimentateurs.

S'agit-il d'employer un diapason? Je fixe à l'une de ses branches, au moyen d'un peu de cire molle, un bout du fil en expérience (fil à coudre, cordon de soie, de laine, crin, fil de métal, etc.); j'attache à ce fil, en un point quelconque d'abord, un morceau de cette cire, plus ou moins volumineux (de 2 à 10 grammes) selon la grosseur du fil, disposé verticalement. En faisant glisser la cire le long du fil pour faire varier la longueur de la partie vibrante, et en augmentant ou diminuant le poids de cette cire, on arrive facilement à trouver une longueur pour laquelle le fil présente un fuseau unique, quand on fait vibrer le diapason. Puis on fait glisser le morceau de cire à une distance double, triple, etc., de la première longueur et l'on voit le fil former deux, trois, etc., fuseaux, ce qui démontre la loi des longueurs et ainsi des autres.

L'appareil ainsi disposé, tenu à la main, peut être emporté tout vibrant et se balançant, pour être mis sous les yeux des auditeurs.

Si l'on opère sur un plateau, on peut employer le même moyen : on fixe le fil à la cire molle sous le plateau et l'on attaque celui-ci avec l'archet, soit en un point voisin, soit au point diamétralement opposé. Les effets sont analogues à ceux qui précèdent et peuvent servir à trouver et à vérifier les lois des vibrations des plaques.

Il en serait de même pour les lames, tiges, tuyaux, etc.

Il est facile, avec cette disposition, d'imaginer des moyens de vérifier les autres lois relatives aux vibrations des cordes. Ainsi pour la loi des diamètres, il suffira de réunir deux fils identiques au premier, en les accolant l'un à l'autre, après les avoir frottés avec de la cire molle et d'opérer ensuite comme avec le fil simple.

La loi des poids se vérifiera en employant soit des morceaux de cire de même volume ou mieux de même poids, successivement ajoutés, soit un petit plateau attaché au fil et dans lequel on pourra mettre les poids tenseurs et obtenir ainsi des résultats plus exacts.

— L'expérience de Melde ne porte que sur les cordes vibrantes; j'ai cherché à la réaliser sur des surfaces et même sur des volumes.

En remplaçant les fils ou cordons par des rubans de soie ou de clinquant et même par de simples bandes de papier d'un à cinq centimètres de largeur, on peut obtenir des nœuds et des fuseaux analogues à ceux que l'on observe sur les cordes.

Une hélice en tournure de fer (provenant d'une machine à raboter) ayant $0^m,50$ de longueur et $0^m,003$ de diamètre, soumise au même procédé, a donné des résultats comparables aux précédents [1].

On peut même déterminer la formation de nœuds fixes et de fuseaux sur une hélice vibrante formée d'un fil métallique, de $0^m,001$ à $0^m,002$ d'épaisseur nu ou recouvert de soie, comme ceux qu'on emploie pour les courants

[1] Une telle hélice, convenablement suspendue, peut également servir à montrer la position des nœuds des tiges vibrantes et à en vérifier les lois.

électriques, cette hélice pouvant avoir $0^m,01$ et plus de diamètre, sur une longueur de $0^m,30$ à $0^m,50$.

D'autre part, j'ai pu constater d'une manière très-simple, les subdivisions d'une surface sphérique vibrante, formée d'une bulle d'eau de savon, plus ou moins complète, tantôt suspendue à un fil métallique fixé au corps sonore (diapason, plateau, etc.), tantôt posée sur une sorte de bague en clinquant de $0^m,04$ à $0^m,05$ de diamètre, sur $0^m,015$ à $0^m,020$ de hauteur. Quand la bulle de savon a le volume d'une demi-sphère ou un peu plus, j'imprime au plateau sur lequel la bague est posée (plateau de fer-blanc de $0^m,35$ de diamètre fixé par son centre) de très-fortes vibrations qui se communiquent à la bulle et lui donne les formes de zones représentées par les *figures* 1 et 2; tantôt avec un seul nœud situé environ aux deux tiers de la hauteur de la bulle quand celle-ci a un petit diamètre, tantôt avec, 2, 3, 4, 5, etc., nœuds. Parfois, j'ai remarqué un nœud au sommet *fig.* 3.

Lorsque la bulle a la forme sphérique à peu près complète, elle offre, sous de très-fortes vibrations du plateau, ou même sous des chocs, deux, trois ou quatre, etc., nodales circulaires très-apparentes, divisant la surface en zones symétriques *fig.* 4 et 5.

La *figure* 6 représente, en grandeur naturelle, la forme que prend successivement une lame plane de liquide glycérine (ou simplement d'eau de savon), dans son oscillation, lorsque tenant à la main le cadre circulaire et horizontal qui la soutient, on imprime à ce support de grands déplacements de haut en bas; ou

lorsqu'en tenant le cadre vertical, on le déplace horizo talement de droite à gauche. Cette figure montre con bien la membrane flexible est élastique et avec quel facilité elle se prête aux grandes oscillations qu'on l fait subir.

Les lames minces de liquide glycérique ou de colk dion, pouvant affecter des formes cylindriques, conique etc. On pourra constater, par le même moyen, sur c figures, des nodales symétriques, car elles résistent trè bien aux mouvements vibratoires rapides et même au chocs qu'on imprime au corps solide qui les porte.

— Les bulles glycériques en forme de sphères, pl ou moins développées (*fig.* 1 à 5), ne sont encore que d surfaces vibrantes et non des volumes. Il fallait don pour compléter l'assimilation, réaliser l'effet des nœu et des ventres de vibrations sur des sphères ou portio de sphères pleines. C'est ce que j'ai obtenu facileme avec des petits ballons en caoutchouc (ballon à gaz d enfants), complétement pleins d'eau, ayant, sous pression de $0^m,90$ de liquide, un diamètre de $0^m,10$ $0^m,12$.

En posant un de ces ballons d'eau sur le bord d'u plaque circulaire en laiton de $0^m,35$ de diamètre et $1^{mm},6$ d'épaisseur, fixé par son centre, et donna quelques coups d'archet assez forts (à la distance ang laire de 90° du ballon), on voit très-distinctement, s le pourtour de la boule vibrante, pour le son fondame tal, trois nœuds (et même quatre, si l'on compte cel de la base), avec des renflements bien marqués, moi développés sans doute qu'avec les bulles, à cause de masse considérable (600 à 900 gr.) à faire vibrer; ma

de même forme, au nombre de trois de chaque côté et un au sommet, comme dans la *figure* 5.

Une autre manière plus simple de faire la vérification en vue, consiste à tenir le ballon d'eau d'une main, entre deux doigts placés aux extrémités d'un même diamètre vertical et à donner, avec l'autre main, vers l'équateur, des chocs répétés et suffisamment forts. Alors, en regardant le ballon en dessus, de manière à en projeter le contour sur du papier blanc, on voit, très-distinctement, la zone équatoriale divisée en quatre nœuds et présentant quatre renflements analogues à ceux des bulles glycériques de mêmes dimensions (*fig.* 4) et aussi développés. En fixant à l'équateur, un point convenablement choisi, on peut produire six ou huit nœuds, mais moins distincts.

En tenant le ballon dans le creux de la main, et en serrant la ligature et l'appendice entre deux doigts, et donnant avec l'autre main des chocs assez forts, soit à l'équateur soit au sommet du ballon, il est facile de produire des nœuds assez nets et des renflements très-grands.

— J'ai fait aussi dans le même but, diverses expériences sur des gouttes de mercure, d'eau, d'alcool, etc., déposées sur un plateau que l'on faisait ensuite vibrer. J'ai reconnu également que ces gouttes hémisphériques, tantôt libres, tantôt placées dans un anneau de cire, accusaient des formes vibratoires analogues à celles des bulles de savon, mais exagérées; c'est-à-dire que le sommet était soulevé en forme de cône très-allongé. Avec le mercure, et pour un faible coup d'archet, on voyait d'abord un soulèvement du milieu et des circon-

férences concentriques (nodales); puis, un coup d'archet plus fort, faisait naître des stries et enfin des cannelures plus ou moins profondes, régnant du sommet à la base qui alors affectait la forme d'un polygone étoilé, à contours arrondis, mobiles, comme ceux que présente une goutte d'eau caléfiée.

Je ne m'arrêterai pas plus longtemps sur ce sujet, car je me propose de faire une étude spéciale des formes vibratoires générales des lames minces.

On voit donc, par ce qui précède, que l'expérience de Melde se trouve, non-seulement simplifiée par les moyens que j'indique, mais encore généralisée, c'est-à-dire applicable aux surfaces, aux tiges, aux volumes cylindriques, sphériques, etc.

THERMO-CHIMIE

V

Anneaux colorés thermiques sur toiles métalliques.

Après avoir produit des anneaux colorés sur des plaques métalliques brunies [1], ou simplement polies, puis sur des plaques striées, j'ai essayé l'effet de la chaleur sur les *toiles métalliques*, à mailles plus ou moins serrées. Mes expériences ont porté sur les toiles en fil de cuivre, de laiton, de fer étamé ou zingué. Les sources de chaleur employées étaient le jet de flamme de

[1] *Mémoires de la Société Académique de Maine-et-Loire*, t. XXXIV, p. 61 (1878).

la lampe d'émailleur plus ou moins rapproché, celui du bec de Bunsen, la flamme de la lampe à alcool, la chaleur rayonnante de la lampe à modérateur ou celle d'un réchaud de charbon de bois.

Je citerai seulement quelques résultats d'expériences faites sur le cuivre et le laiton.

Toile de cuivre : diamètre du fil = $0^{mm},2$; largeur des mailles $0^{mm},66$ (15 par centimètre); exposée au jet de flamme de la lampe d'émailleur, assez loin pour que le fil ne fût pas fondu, elle a donné les anneaux suivants dont la largeur totale était égal à 106 millimètres :

		Largeur. mm.	
1er anneau	jaune d'or	1.3	16 mm. 1.
	orangé	1.8	
	rouge violacé	2.5	
	violet	2.5	
	blanc	8	
2e anneau	jaune	2	14, 9
	orangé	2	
	rouge	2.9	
	violet	8	
3e anneau	beau rouge carmin	9.5	15
	brun rougeâtre	1.5	
	ocre rouge	4	
	centre brun noir	7	7
Largeur suivant le rayon			53 mm.
Diamètre total			106

L'ordre des couleurs du premier anneau est le même

que celui des anneaux sur plaques de cuivre brunies ; les nuances suivantes diffèrent par le nombre et l'étendue relative. D'ailleurs, selon la durée d'exposition à la flamme oxydante ou réductrice, le centre peut prendre différentes teintes finales, suivant la phase terminale, surtout avec la flamme de la lampe à alcool, ou même par la chaleur d'une lampe à modérateur, la toile étant placée au-dessus et très-près du verre.

La vitesse d'échauffement (et par suite d'oxydation) de la toile exposée à une source de chaleur, n'étant pas la même sur les deux faces, il arrive ordinairement que les couleurs ne se correspondent pas des deux côtés ; celles qui sont sur la face soumise directement à la flamme étant sensiblement en avance sur celle de la face opposée. De plus, les irisations produites sur celle-ci sont généralement plus belles que sur la première.

Lorsque la toile de cuivre, fraîchement décapée et sèche, est soumise à la flamme d'un bec de Bunsen ou d'une lampe à alcool, les couleurs sont plus vives, quoique le métal soit mat, différence qu'on voit très-bien si l'on soumet à l'expérience un carré de cette toile dont une moitié seulement est décapée, et si l'on fait agir la flamme sur la ligne de séparation. Les zones irisées sont plus étendues et plus belles sur cette moitié que sur l'autre. Le rouge du premier anneau est particulièrement très-foncé, très-beau et le bleu très-vif.

L'exemple suivant montre la largeur relative de zones colorées.

Toile de cuivre décapé et sec : diamètre du fil = $0^{mm},15$, largeur des mailles $0^{mm},75$. Exposé au-dessus de la flamme d'un bec de Bunsen (brûlant à bleu).

		Rayons extérieurs des zones.	Largeur des zones.
1er anneau.....	jaune d'or.....	40 mm.	5 mm.
	— orangé.....	35	3
	rouge-carmin.....	32	3
	bleu-violet.....	29	1
	blanchâtre.....	28	1
2e anneau.....	jaune.....	27	1
	orangé.....	26	1
	rouge-ponceau.....	25	2
	bleu..... / vert.....	23	3
3e anneau.....	jaune.....	20 mm.	1mm.
	rouge-carmin.....	21	9
	bleu..... / vert.....	12	7
Centre	rose.....	5	5

Le rouge-ponceau du 2e anneau est remarquable ainsi que le rouge-carmin du 3e, celui-ci pour sa largeur en même temps que pour sa vivacité.

On peut obtenir sur cette même toile des anneaux dont le diamètre extérieur atteint 13 centimètres.

Le centre peut aussi prendre de très-belles nuances, bleue, violette ou verte, selon la phase terminale.

Toile de laiton : diamètre du fil 0mm,3, largeur des mailles 1mm. Cette toile exposée au jet fixe de la lampe d'émailleur a donné deux anneaux doués des riches teintes qu'on obtient par le même moyen sur les plaques polies du même alliage. Les couleurs sont dans le même ordre et occupent des largeurs sensiblement proportionnelles dans les deux cas.

Avec une toile de laiton à mailles fines de $0^{mm},4$, j'ai obtenu un système d'anneaux de 48 à 49^{mm} de rayon total, dont les teintes occupaient les largeurs suivantes :

1er anneau.....	jaune d'or.....	12 mm.		20.5 mm.
	orangé.....	4		
	rouge-violacé.....	2		
	violet.....			
	bleu.....	2.5		
	blanc.....			
2e anneau.....	jaune.....	6 mm.		10 mm.
	orangé.....			
	violet.....			
	bleu.....	4		
	vert.....			
	blanchâtre.....			
3e anneau.....	jaune.....	4		
	orangé.....			
Centre :	jaune sale.....	14		
		48.5		

Ici, comme avec les plaques, le second anneau est plus beau que le premier. Le centre est tantôt jaune vif, tantôt bleu ou violacé, suivant la phase terminale.

Avec les toiles métalliques, l'opération se fait en quelques secondes, tandis qu'avec les plaques il faut, selon leur épaisseur, une ou plusieurs minutes [1].

[1] En promenant une toile métallique de 10 à 12 centimètres de largeur au-dessus d'un réchaud à gaz ou à charbon bien allumé, il est possible de répandre en teinte uniforme, une nuance déterminée, en ayant soin, pour arriver à la nuance désirée, de passer par toutes les nuances qui la précède dans

Toiles de fer nu, zingué ou étamé. — Une toile en fer noir (15 mailles par centimètre) a donné la suite des teintes : bleu-rosé, bleu-rose, bleu-blanc.

Les différences très-sensibles que j'ai remarquées entre les anneaux colorés obtenus sur les toiles de fer zingué et sur les toiles de fer étamé, permettent de distinguer facilement les unes des autres. En effet, avec les premières, il ne se produit pas d'irisations proprement dites, le pourtour est violacé, l'intérieur et le centre sont d'un jaune sale ; tandis qu'avec les toiles de fer étamé on obtient, dans les mêmes conditions expérimentales, de belles couronnes où l'on remarque un beau jaune à l'extérieur, du violet-rougeâtre à l'intérieur et du bleu au centre.

De plus, si l'alliage contient du plomb en quantité notable, ce métal est accusé par l'absence des plus riches nuances sur les anneaux colorés, c'est-à-dire, du jaune périphérique, du rouge intérieur et du bleu central.

De là un procédé facile et prompt (en quelques secondes) pour constater la nature des couvertes de toiles métalliques dont l'aspect diffère peu.

l'ordre de formation, et de répartir chaque teinte uniformément avant de passer à la suivante.

On peut enfin, avec le jet de flamme, produire sur les toiles métalliques, comme sur les plaques, des lettres et dessins divers, persistant, et d'un assez bel effet.

ÉLECTRICITÉ

VI

La lumière électrique aux ardoisières d'Angers.

La lumière électrique se propage de plus en plus dans l'industrie. La vive clarté qu'elle repand au loin convient si bien aux vastes chantiers, aux grands espaces, qu'on la recherche avec raison là où le gaz est insuffisant ou peu économique.

On avait tenté, il y a une quinzaine d'années, de l'introduire dans les noires carrières d'ardoises d'Angers, si difficiles à éclairer. Mais, à cette époque, les machines usitées (machines de l'Alliance et autres) étaient d'un prix excessivement élevé et les régulateurs, pour les courants continus, n'avaient pas encore atteint le degré de perfection qu'ils possèdent aujourd'hui, c'est pourquoi l'on n'avait pas donné suite à ces essais. Maintenant,

l'emploi de cette belle lumière devient économiquement possible avec une machine de Gramme du prix de 1,500 f., avec un régulateur Serrin et un moteur de deux ou trois chevaux à vapeur.

Je suis descendu le 22 mars dernier, en compagnie de M. le directeur Lorin et d'autres personnes, dans une des profondes carrières où la Compagnie des ardoisières a fait installer deux lampes électriques, système Serrin, actionnées chacune par une machine de Gramme. La vaste galerie souterraine qu'elles éclairent n'a pas moins de 100 mètres de longueur, sur une largeur irrégulière de 15 à 30 mètres. Quant à la hauteur, elle atteint 60 mètres. Là, murailles naturelles verticales, voûte, sol, matériaux, tout est noir; et cependant, malgré l'absence de pouvoir réflecteur des parois, du sol et du plafond tout hérissé de pierres comme des dents menaçantes, la vaste galerie est partout éclairée presque comme à ciel ouvert, en plein jour; et cela, à la grande satisfaction des ouvriers et à l'avantage de la Compagnie, sans parler des conditions hygiéniques et de sécurité qui ont dû en être améliorées.

Une vitesse de 800 tours par minute serait suffisante pour obtenir une belle lumière avec la machine Gramme employée, si le régulateur était placé près d'elle. Mais, à cause de la grande profondeur de la carrière, les régulateurs se trouvent à 350 mètres environ de la source électrique. Il a fallu, pour avoir une bonne lumière et un fonctionnement régulier des appareils, donner aux machines une vitesse moyenne, et à peu près constante de 1,135 tours par minute. On va employer prochaine-

ment des fils conducteurs d'un plus grand diamètre, ce qui permettra de diminuer cette vitesse à laquelle cependant, les électro-aimants et la bobine ne s'échauffent pas à 50 degrés.

Les machines marchent simultanément, sans interruption, nuit et jour, depuis leur installation qui date déjà de près de quatre mois. Cette expérience, eu égard à sa continuité et à sa durée, est sans doute la plus concluante que l'on ait faite jusqu'alors avec la machine de Gramme qui sort ainsi victorieuse de cette redoutable épreuve.

Un seul inconvénient est signalé dans ce mode d'éclairage : c'est la nécessité de renouveler les charbons de quatre en quatre heures; encore faut-il dire que cette opération n'arrête en aucune façon le travail des ouvriers, par l'extinction momentanée d'une des lampes, car l'autre suffit à elle seule à l'éclairage, pendant ce court intervalle qui dure à peine une minute.

Les charbons artificiels employés actuellement, ont $0^{m},22$ de longueur, $0^{m},0125$ de diamètre; chacun pèse $49^{gr},5$. En les prenant plus longs et plus forts, on leur donnera plus de durée et le renouvellement en sera moins assujettissant.

Quoi qu'il en soit, la Compagnie des ardoisières, satisfaite de ce premier essai, se décidera sans doute à multiplier l'emploi de la belle lumière électrique dans ses nombreuses et profondes carrières souterraines; car cette lumière, indépendamment de l'avantage qu'elle procure pour la facilité du travail pénible des ouvriers, peut être facilement utilisée pour la surveillance des

blocs qui glissent parfois de la voûte et menacent sans cesse de tomber d'une hauteur de 50 à 60 mètres sur les travailleurs. Cette dernière considération doit bien aussi entrer en ligne de compte.

MÉTÉOROLOGIE

VII

Verglas extraordinaire des 22 et 23 janvier 1879, à Angers [1].

Il s'est produit, les 22 et 23 janvier 1879, à Angers, et aux environs, un phénomène météorologique très-rare dans nos climats, du moins avec cette intensité. Citons d'abord les faits, l'explication viendra ensuite.

Mercredi matin, 22, par un vent d'Est assez vif, et par une température qui a varié de 0° à —2°5, il est tombé une petite pluie continue, sans neige, ni grésil, laquelle gelait d'abord sur les hautes brindilles des arbres, puis sur les

[1] La première partie de cette note a été communiquée à l'Académie des sciences (séance du 27 janvier 1879, p. 193), et insérée dans la *Correspondance scientifique* du 4 février 1879, p. 36.

branches et peu à peu sur le sol qui n'était pas d'abo à 0°. Au bout de quelques heures, on vit les feuill des arbres et arbustes verts, le lierre, le gazon, les fi métalliques, tous les objets exposés à la pluie et au ve d'Est, se couvrir d'une couche de glace tout à fait *tran parente*, qui allait sans cesse en augmentant.

Le jeudi 23, la pluie, qui avait cessé la veille au soir recommença le matin et dura une partie de l'après midi. La couche de glace alla en augmentant sous l'in fluence persistante d'une température de — 2°. — Alors les arbres et arbustes verts furent tellement surchargés que beaucoup de branches se rompirent sous ce fardeau inusité; les autres restèrent plus ou moins courbées, quelques-unes jusqu'à terre. Des brindilles de tamaris qui avaient à peine un millimètre de diamètre étaien enveloppées d'une gaine de glace continue, formant d longues baguettes rigides ayant deux centimètres d'é paisseur (*fig.* 7). Les pousses de glycine ressemblaient à de longs serpents de verre, élevant leurs têtes au-dessu des murs (*fig.* 8).

Des feuilles d'arbustes étaient chargées, soit d'u seul côté, soit des deux, suivant leur exposition, d'un épaisse couche de glace diaphane qui avait jusqu'à cin quante fois leur poids. J'ai pesé un certain nombre de ce feuilles et d'autres objets dont le tableau suivant donn les principaux résultats (*fig.* 1, 2, 3 et 4).

	POIDS TOTAL de la feuille glacée. P	POIDS de la feuille seule p	POIDS de la glace. $P-p$	RAPPORT du POIDS de la glace aux poids de la feuille. $\frac{P-p}{p}$
Feuille de lierre....	61 gr	2 gr 5	58 gr 6	23 gr 4
Feuille de magnolia.	35	1	34	34
Feuille de fusain....	18	0 4	17 6	44
Autre id.	24	0 5	23 5	47
id. id.	30 2	0 6	29 4	49
id. id.	31 4	0 6	30 8	51
id. id.	27	0 5	26 5	53
Brins d'herbe	21 4	0 4	21	52 5
Brindilles de tamaris	18 5	0 6	29 4	49
Glycine (pousse)....	58 9	1 2	57 7	48

Les fils de fer ou de zinc étaient revêtus de cette enveloppe glacée de deux centimètres et demi de diamètre. Sous les fils métalliques horizontaux on voyait des gouttes d'eau gelée, formant des festons assez réguliers et d'un bel effet (*fig.* 9).

Il était curieux aussi de voir à travers l'enveloppe de glace parfaitement diaphane, les bourgeons verts des lilas et des rhododendrons.

Les lierres, cyprès, ifs, pins, etc., formaient des massifs compactes. Quand on parvenait, non sans peine, à agiter fortement une branche d'arbre vert, on entendait un cliquetis analogue à celui que produisent les verres suspendus aux lustres.

Le jeudi soir, 23, en entendant de l'intérieur de la maison, tomber dans le jardin quelques branches d'ar-

bustes sous le poids de glace qui couvrait leurs feuilles, nous avons cru, un instant, à un bris de verres et de vaisselle dans la maison voisine.

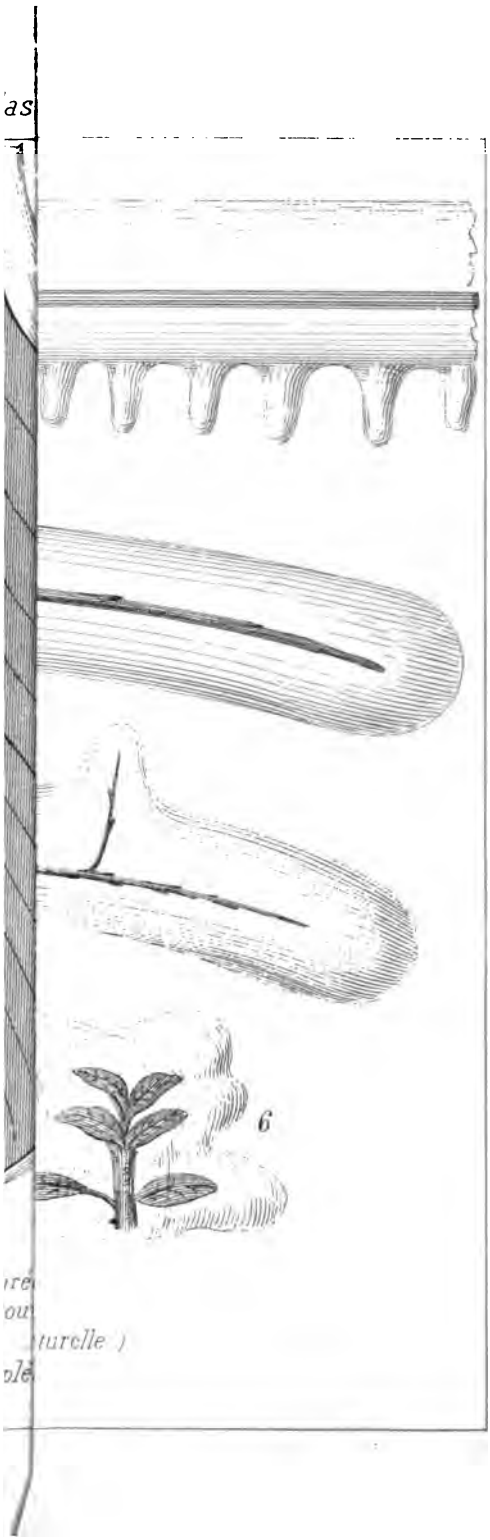
En touchant les branchages d'un arbuste, une touffe de feuilles quelconques on croyait mettre la main sur du marbre; car le tout était compacte, immobile, sous le vent assez fort qui soufflait sur eux. Une haie d'if faisait l'effet d'un mur solide. Les brins de gazon ou de buis entourés de leur couche de glace limpide formaient des masses assez semblables à ces presse-papiers en cristal dans l'intérieur desquels on voit des fleurs enfermées (*fig.* 5 *et* 6).

Les murs exposés à l'Est étaient encore le 24, revêtus d'un glacis de quatre à cinq millimètres d'épaisseur et même d'un centimètre par places.

Les chapiteaux, les bords des toits, les devantures de magasins étaient encore, ce jour-là, bordés de glaçons pendants, très-rapprochés les uns des autres et qui avaient jusqu'à 20 et 25 centimètres de longueur.

On a remarqué, en cette circonstance, sur l'asphalte des boulevards, une sorte de cristallisation de l'eau, en plaques circulaires de plus d'un mètre de diamètre, où l'on distinguait des stries rayonnantes assez régulièrement disposées, le tout figurant des espèces de polygones étoilés tangents les uns aux autres. Cette espèce de marqueterie se répétait sur une grande étendue des trottoirs.

Le verglas très-persistant des 22, 23 et 24, a interrompu divers services : les cours publics ont été suspendus, le théâtre a été très-peu fréquenté; l'allumage


6

des reverbères à l'huile, des quartiers éloignés n'a pu se faire, les cordes avaient triplé de volume ainsi que les poulies qui ne pouvaient fonctionner.

Les télégraphes électriques ont dû cesser de transmettre ou n'ont fonctionné que très-difficilement sur quelques lignes.

Je ne parle pas des accidents ordinaires causés par le verglas, quelques-uns ont été très-graves, sans compter les luxations, contusions, etc.

Les volets et persiennes qui se trouvaient exposés au vent d'Est n'ont pu être fermés que le 26 ou le 27.

Enfin, le samedi matin 25, vers neuf heures, le dégel a commencé doucement, sans pluie, par une température de + 1°,5; mais la glace qui disparaissait peu à peu dans les rues, restait encore attachée aux feuilles. C'est dans l'après-midi que les branches d'arbres ont commencé à se briser, lorsque la rigidité qui soutenait le tout a fait défaut vers la base. Nombre de jardiniers et de propriétaires ont été occupés ce jour-là à gauler leurs arbres, comme on bat les noyers, opération qui a nécessairement causé quelques dégâts, mais, incomparablement moindres que si on eut laissé les branches succomber sous le poids énorme de glace dont elles étaient chargées. Beaucoup d'arbres et d'arbustes verts ont perdu de leurs branches ou se sont brisés tout entier dans cette circonstance.

Il est à remarquer que le baromètre qui indiquait 756^{mm} le 22, est monté sans cesse depuis ce jour jusqu'à 761^{mm} qu'il marquait le 25, malgré le dégel.

— Le phénomène dont il est ici question, ne s'est pas arrêté à notre contrée, il s'est produit sur une assez grande étendue en France, en Suisse, en Prusse (à Coblentz) et même en Amérique. Si l'on se borne aux communications qui ont été faites sur ce sujet, soit à l'Académie des sciences, soit dans divers journaux et revues [1], on voi

[1] *Comptes-rendus de l'Académie des sciences :*

27 Janvier 1879, p. 192 193. Notes de M. Masse d'Epernay et d M. Decharme d'Angers.

3 Février, p. 244, 245. Note de M. Godefroy de la Chapelle-Saint Mesmin (Loiret).

Communication de M. Piébourg sur les effets désastreux produits dans la forêt de Fontainebleau.

3 Mars, p. 440. Théorie du verglas. Réclamation de priorité, note de M. Nouel à Vendôme.

p. 441. Note de M. Vogt, sur quelques exemples anciens de chute de verglas.

31 Mars, p. 690. Note de M. Colladon sur quelques observations de verglas en 1830 et 1838 analogues à celui de janvier 1879.

p. 723. Sur un verglas observé en Floride, par M. Collin de New-York.

9 Juin, p. 1196. Note de M. Tastes, de Tours; c'est une étude théorique, une discussion approfondie du phénomène d'après la considération des isobares et des isothermes. Elle est accompagnée d'une carte qui montre, par des teintes plus ou moins foncées l'étendue et l'intensité du verglas dans la direction de Fontainebleau à Nantes.

Revue des Deux-Mondes :

15 Février 1879, p. 922. Article de M. Jamin. Détails intéressants Théorie du phénomène.

La Nature :

1er Février, 143, 144. Communications diverses sur le verglas Paris. Stalactites de glace sous les reverbères.

8 Février, 159. Dégâts causés dans la forêt de Fontainebleau.

1er Mars, 205. Figures représentant des feuilles et brindilles entourées de glace diaphane.

15 Mars, 227. Note de M. Forel, sur un phénomène analogue e

qu'il s'étendait du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest de la France, depuis les Ardennes jusqu'à Lyon et aux Alpes, du département de la Marne à celui de la Loire-Inférieure et à la Sologne, toutefois sur une largeur relativement petite comparativement à la longueur. Mais où ce verglas a pris les proportions d'un véritable fléau, c'est dans la forêt située entre Epernay et Reims, puis dans celles de Fontainebleau, d'Orléans et de Cézane (Marne).

Un nombre considérable d'arbres à feuilles persistantes et même des chênes énormes ont été brisés ou déracinés; les arbres tombaient avec un fracas épouvantable, durant la nuit du 23 et dans la journée du 24 et au dégel du 25.

L'effet produit dans ces forêts est comparable à celui que pourrait y causer l'ouragan le plus violent. Aussi, les dégâts se comptent-ils par millions ; jamais, de mémoire d'homme on n'avait vu pareille calamité. Heureusement encore que le vent était faible, car s'il eût soufflé avec violence les pertes eussent été bien plus épouvantables.

Citons encore quelques détails particuliers, pris çà et là.

Dans les forêts de la Champagne au sol léger, les arbres déracinés sont nombreux, le tiers des baliveaux ont été rompus. Les arbres fruitiers, les pruniers surtout, ont été fort maltraités; les paulownias, les catalpas se brisaient comme verre.

Les vieux hêtres, les vieux chênes qui ont fait la réputation de la forêt de Fontainebleau ont été mutilés.

Le gibier a beaucoup souffert. On a trouvé des

Suisse, sur les bords du lac Léman, à Morges, à Genève, etc.

10 Mai, 363. Verglas en Sologne, dégâts.

Journal du Ciel :

9 Juin, p. 2391. Résumé des faits observés en différents lieux.

Journaux de la localité ; du 24 janvier au 6 mars.

alouettes attachées au sol par les pattes et par la queue, des perdrix gelées debout comme des mamouths des périodes glaciaires sur les bords de la Léna.

Je détache les passages suivants de la note de M. Fébourg sur les effets produit par le verglas dans la ville et dans la forêt de Fontainebleau :

« Une couche de glace de 2 à 3 centimètres d'épaisseur a couvert complétement le sol. Cette couche adhérait aux toits, s'attachait aux parois verticales des murs; nous avons vu des perrons dont les contre-marches en étaient revêtues sur une épaisseur presque aussi grande que les marches elles-mêmes..... Quand aux arbres verts, tels que sapins, épicéas, etc., chaque couronne de branches s'était affaissée sur la couronne immédiatement inférieure, la plus basse reposant sur le sol et le tout ne faisant qu'une pyramide de glace. »

Les taillis n'excèdant pas dix ans, étaient pliés sur eux même, la tête fixée au sol et sans cassure. Les arbres plus vieux ne pliaient point, mais leurs branches principales se brisaient ou l'arbre entier se cassait près du sol.

Avant la débâcle on peut dire que le spectacle le plus splendide et le plus inusité s'offrait aux regards émerveillés; on se serait cru dans une forêt enchantée d'arbres en diamants.

En Sologne, les dégâts ont été considérables; on en aura une idée par les chiffres suivants donnés par M. Duchalais, d'Orléans, à la réunion des Sociétés savantes à la Sorbonne (avril 1879).

« Les arbres feuillus ont le plus souffert. Dans les bois en exploitation, 45 pour cent environ des arbres réservés ont été brisés. Parmi les essences résineuses, les pins maritimes ont le plus souffert : il en reste à peine 20 à 25

pour 100. Relativement au pin sylvestre, la proportion des arbres brisés s'élève à 45 pour 100.

« M. Duchalais estime qu'en tenant compte de la plus-value de la main-d'œuvre, la perte de la Sologne s'élève à 2,500,000 fr. pour les forêts résineuses, et à 1,500,000 fr. pour les taillis. »

M. Godefroy, dans la note qu'il a adressée de Saint-Mesmin (Loiret), à l'Académie des sciences, relate le fait suivant : le gazomètre de notre usine, soudé à ses colonnes de fonte, ne descendait plus que par secousses; les chaînes fixées aux poulies se brisèrent, et les contre-poids restèrent suspendus, attachés seulement par la cohésion de la glace.

J'ai dit qu'un verglas analogue au nôtre avait été observé en Amérique; voici, en effet, la note qu'un observateur américain, M. Collin de New-York, a envoyée à l'Académie des sciences (séance du 30 mars 1879, p. 722), sur un verglas observé le 4 janvier 1879 en Floride. Cette communication est assez intéressante et assez courte pour être reproduite ici.

« Dans le voisinage d'Arlington, en Floride, le froid fut « très-vif, et, le soir du 4 janvier, la pluie se mit à tomber « et continua jusqu'au lendemain soir. Pas de neige ni de « grêle, rien qu'une pluie glaciale.

« C'était une singulière anomalie, que de voir en Flo- « ride une forêt couverte de glace d'un blanc argenté. Le « spectacle que les pins et les palmiers offraient était remar- « quablement beau. Les jeunes palmiers, et les groupes « entiers de palmiers nains étaient couchés à terre; les « branches se cassaient; les oranges étaient littéralement « glacées comme chez les confiseurs. En résumé, les phé- « nomènes étaient les mêmes que ceux qu'on a observés « en France; et, comme en général les grands mouve-

« ments atmosphériques se transportent à travers l'Atlan-
« tique, il est possible que ce soit le même verglas qui a
« été observé en Floride le 4 janvier et vingt jours après à
« Fontainebleau. »

A Paris, à Amiens, à Saint-Quentin, c'est de la neige qui est tombée en abondance au lieu de verglas; ailleurs, c'était de la pluie.

— Après avoir montré les effets variés du phénomène qui nous occupe, il faut maintenant remonter à sa cause. L'explication généralement admise est la suivante :

La pluie qui a produit le verglas des 22 et 23 janvier, était à l'état liquide, il est vrai, mais elle se trouvait à une température inférieure à zéro, c'est-à-dire à celle de sa solidification dans les circonstances ordinaires. Elle était, selon l'expression des physiciens, à l'état de *surfusion*. On sait qu'il est possible dans des conditions particulières, de maintenir artificiellement de l'eau liquide à des températures de — 2, — 10 et même — 20 degrés. Mais dès qu'on la touche avec un petit morceau de glace, ou avec divers corps, elle se solidifie instantanément en remontant à 0°.

Comment admettre cet état liquide de l'eau à — 2 et même à — 6 degrés (observation des 22 et 23 janvier) dans l'atmosphère et pourquoi le même phénomène ne se produit-il pas plus fréquemment? M. Jamin dans son article précité, en donne l'explication suivante, d'après le général Riffault, ancien commandant de l'École polytechnique.

La neige qui était tombée précédemment en abondance, avait entraîné toutes les poussières, tous les

germes, tous les sels que les vents emportent : l'air avait été, au 22 janvier, remarquablement purifié. La vapeur d'eau en se condensant dans les régions élevées et calmes de l'atmosphère, par une température bien inferieure à zéro, avait donc pu rester liquide en l'absence de corps capables de provoquer sa solidification. Arrivant sur le sol, elle se prenait en glace au contact des corps, même chauds, comme les vêtements. D'ailleurs, la terre, les arbres et tous les corps qui la recouvraient étaient, au moment du phénomène, à une température certainement supérieure à zéro. Le liquide, en se solidifiant en partie dégageait de la chaleur qui empêchait l'autre portion de passer à l'état de glace. Une partie de la pluie glissait sur le sol, tandis que l'autre, se congelant, formait une couche de plus en plus épaisse. Ainsi s'explique le phénomème du verglas des 22 et 23 janvier.

Tout en acceptant l'explication précédente, puisque j'ai dit moi-même, dans ma communication à l'Académie des sciences (27 janvier), qu'en cette circonstance, l'eau de pluie qui produisait le verglas était sans doute à l'état de *surfusion*, je ne puis cependant passer sous silence des faits dont elle me semble ne pas rendre suffisamment compte, ou qui paraissait même en opposition avec elle, si on l'adopte exclusivement. Il est toujours bon de relater les faits observés, sauf à en trouver plus tard la véritable cause.

Je crois donc qu'il est nécessaire, pour expliquer diverses particularités du phénomène en question, d'ajouter à ce qui précède, que le vent glacial qui soufflait d'Est assez vif, ici à — 2° ailleurs jusqu'à — 6°, a joué

un rôle très-important, sinon prépondérant et peut-être unique. Voyons les faits :

D'abord, c'est du côté du vent que la glace se formait et augmentait le plus rapidement d'épaisseur, sur les feuilles, les brindilles, les murs et en général sur tous les corps exposés à recevoir la pluie.

Les corps n'étaient pas dans le principe, à la température 0°. Mais, sous l'action du vent, la surface des mauvais conducteurs de la chaleur a été bientôt amenée à 0° degré ou à une température inférieure qui devait aider à la congélation de la pluie.

L'eau en surfusion aurait dû geler presque complétement au contact de la glace déjà formée; or, elle ne se solidifiait qu'en partie et du côté d'où venait le vent.

Un parapluie a été couvert de glace du côté du vent tandis que l'eau ruisselait du côté opposé; et cependant la pluie tombait sur toute la surface uniformément et presque verticalement. Cette eau qui s'écoulait des bords du parapluie gelait sous l'effet du vent et tombait en globules lenticulaires sur les vêtements.

On a dit que l'eau de pluie, cause du verglas en question, était à — 2, — 4 et même — 6 degrés.

Je demanderai comment on a pu obtenir sa température, si cette eau était réellement à l'état de surfusion; car on sait que dans cette condition, dès que le liquide touche un corps solide il se congèle en partie ou en totalité et qu'alors toute sa masse remonte à la température zéro. Si l'on s'en est rapporté aux indications d'un thermomètre exposé à la pluie, on n'a pu obtenir ainsi ni la température de l'air ni celle de la pluie en surfusion, puisque le thermomètre devait se couvrir de glace à 0°.

Pour expliquer la production de l'eau en surfusion, dans les régions supérieures de l'atmosphère, on a dit que l'air avait été débarrassé de ses poussières et remarquablement purifié par la chute préalable de la neige. Or, il arrive fréquemment en hiver, que la neige ou la pluie, tombe durant des jours ou des semaines, sans que le phénomène du verglas se produise, même dans les contrées septentrionales où les vents sont faibles. D'ailleurs, à Angers, il n'était tombé, avant le verglas, ni neige, ni pluie sensible depuis trois semaines.

Ne pourrait-on pas objecter aussi que l'eau, à l'état de surfusion, aurait dû, au fur et à mesure de sa chute, cristalliser en gouttelettes irrégulières et par conséquent en masses opaques [1]. Or, la couche de glace qui recouvrait les corps exposés à la pluie était, au contraire, lisse, régulière, et en même temps d'une limpidité parfaite. Le phénomène s'explique très-bien par l'action continue du vent froid.

Relatons enfin un fait concluant que tout observateur un peu attentif a pu remarquer et qui est d'ailleurs consigné dans diverses communications à l'Académie des sciences, notamment dans une note de M. Godefroy (Comptes rendus, 3 février, p. 244) : « Lorsque la pluie était peu abondante, chaque gouttelette se solidifiait instantanément au contact des corps, même sur les objets chauds; elle affectait la forme de petites pastilles

[1] On a vu, en effet, quand la pluie était peu abondante, des gouttes d'eau se congeler en forme de lentilles additionnées, à la partie inférieure, de petits appendices, au nombre de deux ou trois, que l'observateur a comparés, pour leur position et leur forme, à des pieds de marmite.

aplaties et irrégulières. Lorsque la pluie était abondante *les choses se passaient autrement* : une partie de l'eau se transformait immédiatement en glace; l'autre partie coulait sur les objets et sur le sol dont elle suivait les pentes naturelles, pendant ce trajet, sur les corps froids, au sein d'une atmosphère glaciale, une nouvelle couche de glace se formait et produisait des stalactites. »

Si la pluie dans ces deux cas, était en surfusion, pourquoi les choses se passaient-elles différemment? La glace formée aurait dû être plus abondante, au contraire, dans le second cas que dans le premier, puisque les corps devaient se refroidir plus facilement au contact d'une plus grande quantité de pluie à — 4 ou — 6°. Ce résultat s'explique au contraire très-facilement par la seule action du vent froid.

Le vent, en effet, agissant sur une faible quantité d'eau la congelait facilement, tandis que sur une grande masse, l'effet devait être nécessairement moins marqué.

En présence de ces faits, n'est-il pas rationnel d'admettre que le vent froid qui soufflait d'Est, a été une cause très-efficace, sinon prépondérante du phénomène dont nous avons été témoins?

Il y a plus, les particularités précédemment relatées peuvent s'expliquer par cette seule cause :

On sait, en effet, qu'il règne, à diverses hauteur dans l'atmosphère des courants de différents sens. Admettons un courant supérieur Nord-Ouest, par exemple, où l'air soit à une température un peu au dessus de zéro, tandis que le vent d'Est à — 2° ou — 4° souffle près de la surface du sol. Dans ces conditions, la vapeur d'eau pourra se condenser à 0° ou à une température un peu

supérieure à zéro, la pluie résultante, tombant à travers des couches d'air froides, tendra de plus en plus à se solidifier; et lorsqu'elle touchera le sol ou les objets qui le dominent, elle pourra se congeler successivement sous l'action persistante du vent glacial. D'ailleurs, la pluie peut traverser l'atmosphère à — 2 ou — 6 degrés sans geler instantanément. Plus la température de l'air est basse, mieux s'expliquerait le phénomène du verglas sans avoir recours à l'hypothèse de la surfusion.

Enfin, pour montrer qu'un courant d'air froid peut facilement geler de l'eau, je rappellerai l'effet produit par un ventilateur de l'Exposition universelle de Paris, en 1867. Lorsqu'on répandait, avec un arrosoir, de l'eau à 20 ou 25 degrés dans le courant d'air lancé par l'appareil réfrigérant, cette eau était transformée instantanément en petites boules de glace qui étaient projetées en avant. Je n'ai pas besoin d'ajouter que l'air atmosphérique, dans le phénomène qui nous occupe était loin d'avoir la force expansive de l'air au sortir du ventilateur; mais sa basse température et son déplacement pouvaient suffire pour congeler de l'eau amenée préalablement à la température de zéro ou peu au desssus.

Concluons donc de cette discussion des faits observés, que si le vent glacial qui soufflait les 22 et 23 janvier, n'a pas été la cause unique de la production du verglas, il a dû au moins agir très-efficacement par sa basse température, pour opérer la congélation de la pluie au contact des corps, comme il contribue par sa force à la hauteur d'une marée selon qu'il souffle plus ou moins violemmnet de la haute mer vers la terre.

VIII

Note sur une migration de papillons observée à Angers [1].

Je consigne ici, à titre de simple renseignement, quelques détails sur un fait qui, rapproché d'autres analogues, pourrait peut-être intéresser les naturalistes, les agronomes et même les météorologistes; je veux parler d'une migration de papillons qui a été observée à Angers, le 10 juin 1879.

Vers huit heures du matin surtout et jusqu'à onze heures et même plus, une quantité très-considérable de papillons, de l'espèce *vanessa cardui* (Belle-dame), ont traversé la ville dans la direction de l'Est à l'Ouest (et du N-O. au S-O.), contraire à celle du vent très-faible d'ailleurs qui régnait en ce moment. Ces papillons allaient d'un vol rapide et en ligne droite, suivant certaines rues d'un bout à l'autre, à la hauteur d'un à deux mètres seulement. Le nombre en était si grand, que la voie publique (rue

[1] Note communiquée à l'Académie des sciences, et insérée dans les Comptes rendus du 16 juin, p. 1280.

du Mail, aboutissant à la rivière), en était pour ainsi dire interceptée, car cette espèce d'armée d'invasion faisait ranger les passants le long des murs. On pourrait évaluer à quarante ou cinquante mille le nombre des *vanesses* qui ont longé cette seule rue, dans l'espace d'une heure. On peut juger par là de la quantité innombrable de ces insectes qui passèrent ainsi dans la ville et aux environs, jusque dans une grande partie de l'après-midi.

Le Champ-de-Mars en était couvert de huit heures à onze heures. On en voyait aussi des groupes nombreux sur la ligne du chemin de fer. D'autres, sporadiques, volant en hâte, par diverses rues, tendaient néanmoins vers la direction générale du gros de la migration. Ce passage durait encore, sur divers points, à quatre heures du soir; mais avec une intensité incomparablement moindre que dans la matinée.

Les jours suivants, on a vu aussi, dans les environs d'Angers de nombreuses bandes de ces lépidoptères.

On remarquait que les belles couleurs de leurs ailes étaient fanées et témoignaient d'un long et pénible voyage.

Ces papillons volant à grande hâte, fuyaient-ils l'orage assez violent, qui éclata à l'Est et au Sud de la ville, pendant la nuit suivante (de quatre heures moins un quart à cinq heures trois quarts du matin)? Je ne sais. Des observations ultérieures et assez nombreuses pourraient seules renseigner sur la valeur d'un tel pronostic local.

Ce n'est pas la première fois, paraît-il, qu'une telle migration de *vanessa cardui* a été vue dans nos con-

trées. Un entomologiste, à qui je parlais de ce fait peu commun, m'assura qu'il en avait observé un semblable en 1877 dans la Mayenne.

Selon divers naturalistes, cette espèce voyageuse nous viendrait d'Afrique par la Sicile ; et leur passage aurait fréquemment coïncidé avec des années chaudes. Il serait à souhaiter qu'il en fût ainsi cette fois.

Une migration de *Vanessa cardui* a été signalée, dès les premiers jours du mois de juin, dans la vallée du Rhône. Elle serait périodique dans cette région depuis quelques années.

A Nancy, pendant toute la journée du 11 juin, par un très-beau temps, légère brise, variable du Sud à l'Ouest, on a observé le passage d'une énorme quantité de papillons de cette même espèce. Ils venaient de l'Est et se dirigeaient vers l'Ouest. Cette migration a été signalée dans la plupart des localités du département de Meurthe-et-Moselle. Partout le nombre des papillons était immense. Pareille observation a été faite en Alsace. Ces papillons avaient franchi la chaîne des Vosges.

On a signalé, du 10 au 16 juin, de nombreux passages de *vanesses* dans beaucoup de localités : à Rennes, à Angoulême, à Clermont, à Albi, à Valence, à Lausanne, à Berne, etc. Partout le nombre des papillons était considérable. Quelquefois les *vanessa* étaient accompagnés d'une autre espèce *plusia gamma* (à Rennes), ou *colias edusa* (à Angers).

FORMES VIBRATOIRES

DES

BULLES DE LIQUIDE GLYCÉRIQUE

PAR C. DECHARME

Les savants, à commencer par le grand Newton, n'ont pas dédaigné de s'occuper des bulles de savon au point de vue optique, c'est-à-dire de rechercher les causes des vives couleurs dont elles brillent, de l'ordre des teintes qu'on y remarque et des changements successifs qui s'y produisent. Ces effets ont été expliqués comme ceux des lames minces. Mais ces observations sont faites à un point de vue particulier et ne portent que sur l'*état statique* des bulles. J'ai voulu les étudier à l'*état dynamique*, c'est-à-dire chercher les lois de leurs formes vibratoires dans des conditions déterminées. On connaît, sous le rapport mécanique, l'élasticité des bulles de savon : un jeu d'enfants nous les montre rebondissant comme des balles élastiques sur des raquettes en flanelle. Mais on peut constater autrement leur élasticité. Nous allons

voir, en effet, qu'elles sont susceptibles de prendre l formes les plus variées lorsqu'on les met en vibrati plus ou moins rapide et par divers moyens.

Une bulle de liquide glycérique (ou d'eau de sav ordinaire) soufflée directement sur une plaque, ou pos par l'intermédiaire d'un support, sur une lame ou s une tige vibrante, en suit toutes les oscillations en l amplifiant, et laisse voir, quand les conditions sont fa rables, des nœuds et des fuseaux nettement dessi (comme ceux des cordes dans l'expérience de Meld dont le nombre varie avec la vitesse de vibration et diamètre de la bulle.

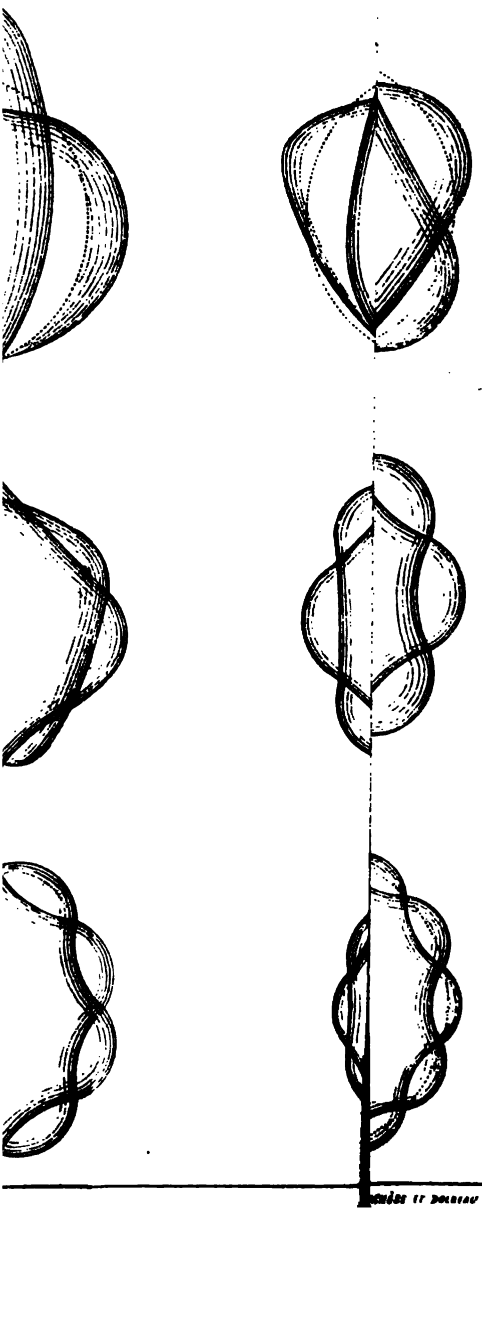
Je me suis proposé de déterminer les relations gé rales qui pouvaient exister entre les éléments de phénomène.

Dans mes expériences, j'ai employé des lames tiges[1] différentes par leur nature (métal, bois, balein leurs dimensions et leur rigidité. Je ne citerai a détails que les résultats obtenus avec une lame d'ac de $0^m,25$ de longueur, sur $0^m,009$ de largeur et $0^m,00$ d'épaisseur. Cette lame portait une division en cen mètres et millimètres et pouvait être fixée horizontal

[1] A l'origine de mes recherches sur ce sujet, j'employais plateau circulaire pour mettre les bulles en vibration. Je dét minais, non sans peine, divers systèmes de nodales dans bulles. Mais comme, d'une part, les plateaux en vibrant peuvent offrir de continuité dans les sons et par suite dans nombres de vibrations, et que, d'un autre côté, l'amplitude vibrations des plateaux est trop peu étendue, pour les s supérieurs au fondamental, j'ai dû remplacer les plaques des lames ou des tiges qui donnent la continuité des sons a des amplitudes suffisantes et mieux appropriées aux observati que je voulais faire.

PL. I.

décroissantes de tige vit



[...]Chée et Dolbeau, Angers.

ment en un point quelconque de sa longueur, au moyen d'une vis de pression sur un pied très-lourd.

Comme support de la bulle glycérique, un très-petit verre de montre ayant $0^m,02$ de diamètre, le plus mince possible, était collé à la cire molle au bout de la lame de manière que son centre fût sur la verticale passant par cette extrémité, origine de la graduation, disposition qui facilite la mesure du rayon de la bulle.

Pour faire une expérience, on souffle une bulle sur son petit support disposé horizontalement; on en mesure le rayon ou le diamètre; on fait vibrer la tige, soit avec l'archet, soit (ce qui est plus simple et suffisant) en lui imprimant de légers chocs avec le doigt [1], et l'on obtient, en général, un système assez apparent de 2, 3, 4, 5, etc. nodales. (Pl. I, *fig.* 1 à 6.)

On fait varier la longueur de la portion vibrante de la tige jusqu'à ce qu'on ait mis en parfaite évidence les fuseaux et les nœuds, ou plutôt les lignes nodales qui partagent la sphère en zones courbes comme des demi-surfaces de tores. Il ne reste plus qu'à lire la longueur de tige vibrante qui correspond au diamètre de la bulle.

Avant d'aller plus loin, je dois faire une remarque sur la difficulté d'appréciation de cette longueur, par

[1] On peut aussi provoquer les vibrations d'une bulle et, par suite, produire des nodales, en la plaçant sur un support extérieur à la tige vibrante. Pour cela, on fixe à l'extrémité de celle-ci une plaque de clinquant, de fer-blanc, ou un morceau de carton de quelques centimètres carrés. En faisant vibrer la tige dans le voisinage de la bulle, celle-ci suit, en les amplifiant, toutes les oscillations de la petite plaque, à la distance de plusieurs centimètres; expérience qui donne une idée de la sensibilité des bulles sous l'influence d'actions extérieures.

suite des transformations successives qu'éprouve une même bulle pour des variations assez étendues de la partie vibrante de la tige, évolutions qui montrent comment la bulle tend à s'accommoder à la vitesse de vibration du moteur. D'où il résulte qu'un système de nodales peut se manifester d'une manière assez apparente pour des longueurs de tige présentant des différences de plusieurs centimètres, notamment pour les systèmes de deux, trois et même quatre nodales (Pl. I.) Mais, parmi toutes ces longueurs, il en est une pour laquelle la bulle vibre à l'unisson parfait avec la tige, c'est évidemment celle qu'il convient de prendre. On la reconnaîtra à ce caractère : qu'il suffit alors du plus léger choc et même d'un simple attouchement de la tige pour faire apparaître les nodales d'une manière très-nette (*fig.* 3 et 4); tandis que pour des longueurs un peu différentes la bulle reste insensible à ces faibles excitations. C'est surtout lorsqu'elle est sur le point de s'éteindre (moment où sa minceur est extrême), que sa sensibilité est arrivée à son maximum, que ses formes s'exaltent et montrent, pour de très-faibles chocs, des fuseaux véritablement exagérés par leur grandeur et surtout par leur courbure, notamment au sommet. Quand le premier effet se produit, on a trouvé ce qu'on peut appeler la *position sensible* de la bulle et, par suite, la véritable longueur de tige correspondant au système de nodales sur lequel on opère [1].

[1] Il suffit d'expérimenter pendant quelques instants pour remarquer qu'avec une même bulle le nombre des nodales varie selon la vitesse de vibration de la tige, c'est-à-dire que ce nombre est d'autant plus grand que la longueur de tige vibrante est plus

Reprenons maintenant la suite de nos expériences. On réalise, pour un même système de nodales, une série d'opérations analogues à celle citée plus haut, en faisant varier le diamètre des bulles. On agit de même pour les autres systèmes.

C'est ainsi qu'avec un certain nombre de ces valeurs corrélatives, un premier tableau contenant les résultats approximatifs a pu être fait.

Prenant ensuite les chiffres relatifs à un même système de nodales, j'ai voulu, pour corriger les erreurs inévitables d'observation, en construire la courbe à l'aide de coordonnées rectangulaires. Il s'est trouvé que cette courbe n'était qu'*une droite passant par l'origine*. En répétant la construction pour chaque système des nodales, j'ai obtenu autant de droites concourantes à l'origine des coordonnées.

La relation fondamentale était trouvée : il devenait évident qu'avec une même tige et *pour un même système de nodales, le rapport du diamètre de la bulle à la longueur correspondante de tige vibrante était constant.*

Pour trouver les autres relations, il fallait fixer d'une manière précise la position de chacune de ces lignes concourantes, en corrigeant par une seconde construction graphique les petites erreurs inévitables de la première. A cet effet, j'ai pris les diamètres des bulles correspondant à une même longueur de tige vibrante, de $0^m,15$ (ceux de 3, 4 et 5 nodales surtout) et je les ai

petite, et d'autre part, que pour une longueur fixe de tige vibrante le nombre des nodales augmente avec le diamètre des bulles. Mais y a-t-il dans ces deux cas proportionnalité entre ces éléments du phénomène, c'est ce que nous allons rechercher.

passant par l'origine des coordonnées. C
pant toutes les ordonnées de cette seconde
fourni des chiffres plus exacts que les p
avec ceux-ci que le premier tracé a été r
tivement adopté [1]. (Pl. II.) Le tableau
contient les résultats numériques.

[1] En continuant la construction, l'on obtie
velles expériences et par une sorte d'extrapola
(diamètres des bulles et longueurs de tige vi
dant à autant de systèmes de nodales que l'on

Relations entre les diamètres des bulles, les longueurs de la lame vibrante qui les porte et les nombres de nodales correspondants.

(Lame d'acier de 0m,25 de longueur, de 0m,009 de largeur et 0m,0014 d'épaisseur).

DIAMÈTRES les bulles. d	NOMBRES DE NODALES. N. 2	3	4	5	6	7	Longueurs de tige vibrante. l.
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
3cent.	17c14	11c42	8c57	.....	.....	.....	
4	22,85	15,23	11,43	9c14	.....	.....	
5		19,04	14,28	11,43	9c52	.....	
6		22,85	17,14	13,71	11,43	9c79	
7			20,00	16,00	13,33	11,43	
8			22,85	18,28	15,24	13,06	
9				20,57	17,14	14,69	
10				22,85	19,04	16,32	
11					20,94	17,95	
12					22,85	19,58	
Différences moyennes D	5,71	3,808	2,856	2,285	1,904	1,632	
Produit constant DN	11,420	11,424	11,424	11,425	11,424	11,424	

La rigidité de la tige vibrante employée ne permet pas d'observer de nodales avec une longueur moindre que 8c,50. D'autre part, les [illegible] 9 nodales étant très-peu distinct[illegible] de longueur, ont dû ê[illegible] des expériences.

Avec [illegible]

Relations entre les diamètres des bulles, les longueurs de la lame vibrante qui les porte et les nombres de nodales correspondants.

(Lame d'acier de $0^m,25$ de longueur, de $0^m,009$ de largeur et $0^m,0014$ d'épaisseur).

DIAMÈTRES des bulles. d	NOMBRES DE NODALES. N. 2	3	4	5	6	7	Longueurs de tige vibrante. l.
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
3cent.	17c14	14c42	8c57	.....	.....	... ..	
4	22,85	15,23	11,43	9c14	.....	.....	
5		19,04	14,28	11,43	9c52	.....	
6		22,85	17,14	13,71	11,43	9c79	
7			20,00	16,00	13,33	11,43	
8			22,85	18,28	15,24	13,06	
9				20,57	17,14	14,69	
10				22,85	19,04	16,32	
11					20,94	17,95	
12					22,85	19,58	
Différences moyennes D	5,71	3,808	2,856	2,285	1,904	1,632	
Produit constant DN	11,420	11,424	11,424	11,425	11,424	11,424	

La rigidité de la tige vibrante employée ne permet pas d'observer de nodales avec une longueur moindre que $8^c,50$. D'autre part, les systèmes de 8 et de 9 nodales étant très-peu distincts, avec cette tige de $0^m,25$ de longue[illegible] être omis. Il en résulte que le tableau des ex[illegible] trouve beaucoup réduit.

Ave[illegible]us longue, tige en tôle de $0^m,40$ j'ai

fait d'autres expériences comparatives et pous
loin les observations, qui ne pouvaient cependa
mencer qu'avec une longueur vibrante de 0m,1
résultats numériques des constructions graphiq
respondantes, en sont consignés dans le
suivant II.

II. Relations entre les diamètres des bulles, les longueurs de la lame vibrante qui les porte et les nombres de nodales correspondants.

(Lame de tôle de $0^m,40$ de longueur, $0^m,016$ de largeur et $0^m,002$ d'épaisseur.)

DIAMÈTRES des bulles. *d*	NOMBRES DE NODALES. *N.* 2	3	4	5	6	7	8	9	Longueur de tige vibrante. *l.*
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
3cent.	18c86	12c57	9c43	.....	.....	.....	.....	.....	
4	25,14	16,76	12,57	10c06	.....	.....	.....	.....	
5	31,44	20,96	15,72	12,57	10c48	.....	.....	.....	
6	37,72	25,15	18,86	15,09	12,57	10c77	9c43	.....	
7		29,33	22,00	17,60	14,66	12,57	11,00	9c77	
8		33,95	25,15	20,12	16,77	14,36	12,57	11,17	
9		37,72	26,86	22,63	18,86	16,16	13,43	12,57	
10			31,44	25,14	20,94	17,96	15,71	13,96	
11			34,57	27,66	23,04	19,72	17,28	15,36	
12			37,72	30,18	25,14	21,54	18,86	16,76	
				.....	.....	.....	.....	.....	

Maintenant, faisant obstruction des constructions graphiques, qui ont servi en quelque sorte d'échafaudage, considérons les résultats numériques qu'elles ont fournis.

En comparant les nombres d'une même colonne verticale dans l'un ou l'autre des tableaux I et II, on reconnaît immédiatement la relation suivante (déjà constatée par le fait des droites concourantes à l'origine) :

1re loi. — *Pour un même nombre* N *de nodales, les diamètres des bulles sont proportionnels aux longueurs de tige vibrante*, ou

N étant constant $\quad \frac{d}{d'} = \frac{l}{l'}$ . . . (1), Pl. III.

Relation qui peut être énoncée autrement. On sait, en effet, d'après une loi connue relative aux vibrations des lames, que pour des longueurs différentes d'une même lame, les nombres de vibrations sont inversement proportionnels aux carrés des longueurs : c'est-à-dire qu'on a

$$\frac{n}{n'} = \frac{l'^2}{l^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\alpha).$$

Or, dans les conditions de l'expérience, la bulle accomplit le même nombre de vibrations que la lame; cette équation comparée à la première, donne

$$\frac{d}{d'} = \frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}} \quad \text{ou} \quad \frac{d^2}{d'^2} = \frac{n'}{n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1\ bis.)$$

Ce qui signifie que, dans ce cas, *les carrés des diamètres des bulles sont inversement proportionnels aux nombres de vibrations.*

Nota. Quant à la surchage du petit support de la bulle (dont le poids total était ici d'environ deux grammes), elle n'a d'autre effet que de diminuer la vitesse de vibration de la tige; mais elle ne change pas, d'une manière sensible, les rapports entre les éléments de la question, comme je l'ai vérifié en faisant varier le poids additionnel; l'inclination générale des droites concourantes est seule modifiée.

Si dans le même tableau I ou II, on compare entre eux les nombres d'une même ligne horizontale, on reconnaît que :

2e loi. — *Pour un même diamètre de bulle, les nombres de nodales sont inversement proportionnels aux longueurs de tige vibrante*, ou

$$d \text{ étant constant} \qquad \frac{N}{N'} = \frac{l'}{l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

et, par suite, d'après la relation (α)

$$\frac{N^2}{N'^2} = \frac{n}{n'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2\ bis.)$$

C'est-à-dire que, *pour un même diamètre de bulle, les carrés des nodales sont proportionnels aux nombres de vibrations de la lame.*

Il est facile de vérifier sur le tableau I l'exactitude des deux lois qui viennent d'être énoncées. Les tableaux suivants A et B montrent, en effet, par les calculs effectués, l'identité des rapports :

$$\frac{d}{d'} = \frac{l}{l'} \text{ , pour } N \text{ constant}$$

$$\text{et } \frac{N}{N'} = \frac{l}{l'} \text{ , pour } d \text{ constant.}$$

La représentation graphique du phénomène étudié a fourni un autre tableau numérique III.

A. Vérification de la 1re loi : $\frac{d}{d'} = \frac{l}{l'}$ Identité entre les rapports des diamètres des boules et ceux des longueurs correspondantes de tige vibrante.

DIAMÈTRES des boules d	RAPPORTS des diamètres. $\frac{d}{d'}$	NOMBRES DE NODALES. N. 2	3	4	5	6	7	Rapports des longueurs de tige vibrante. $\frac{l}{l'}$ (N constant).
3cent.	$\frac{3}{4} = 0,75$	$\frac{17,14}{22,85} = 0,7501$	$\frac{11,42}{15,23} = 0,750$	$\frac{8,57}{11,42} = 0,750$	. . . . .	. . . . .	. . . . .	
4	$\frac{4}{5} = 0,8$		$\frac{15,23}{19,04} = 0,80$	$\frac{11,43}{14,28} = 0,779$	$\frac{9,14}{11,43} = 0,799$	. . . . .	. . . . .	
5	$\frac{5}{6} = 0,833$		$\frac{19,04}{22,85} = 0,833$	$\frac{14,28}{17,14} = 0,833$	$\frac{11,43}{13,71} = 0,833$	$\frac{9,52}{11,43} = 0,833$	. . . . .	
6	$\frac{6}{7} = 0,857$			$\frac{17,14}{20,00} = 0,857$	$\frac{13,71}{16,00} = 0,8568$	$\frac{11,43}{13,33} = 0,857$	$\frac{9,79}{11,43} = 0,8565$	
7	$\frac{7}{8} = 0,875$			$\frac{20,00}{22,85} = 0,875$	$\frac{16,00}{18,28} = 0,875$	$\frac{13,33}{15,24} = 0,875$	$\frac{11,43}{13,06} = 0,875$	
8	$\frac{8}{9} = 0,888$				$\frac{18,28}{20,57} = 0,888$	$\frac{15,24}{17,14} = 0,888$	$\frac{13,06}{14,69} = 0,888$	
9	$\frac{9}{10} = 0,9$				$\frac{20,57}{22,85} = 0,899$	$\frac{17,14}{19,04} = 0,899$	$\frac{14,69}{16,32} = 0,899$	
10	$\frac{10}{11} = 0,909$					$\frac{19,04}{20,94} = 0,909$	$\frac{16,32}{17,95} = 0,909$	

DIAMÈTRES des bulles. d	NOMBRES DE NODALES. N. 2	3	4	5	6	7	Rapports des longueurs de tige vibrante. $\frac{l}{r}$ (d constant)
	$\frac{N_3}{N_2} = \frac{3}{2} = 1,5$	$\frac{4}{3} = 1,333$	$\frac{5}{4} = 1,25$	$\frac{6}{5} = 1,2$	$\frac{7}{6} = 1,166$		
3cent.	$\frac{17,14}{11,42} = 1,5$	$\frac{11,42}{8,57} = 1,332$	. . . . .	. . . . .	. . . . .		
4	$\frac{22,85}{15,23} = 1,5$	$\frac{15,23}{11,43} = 1,332$	$\frac{11,43}{9,14} = 1,250$	. . . . .	. . . . .		
5		$\frac{19,04}{14,28} = 1,333$	$\frac{14,28}{11,44} = 1,249$	$\frac{11,43}{9,52} = 1,200$	. . . . .		
6		$\frac{22,85}{17,14} = 1,333$	$\frac{17,14}{13,71} = 1,250$	$\frac{13,71}{11,43} = 1,199$	$\frac{11,43}{9,79} = 1,167$		
7			$\frac{20,00}{16,00} = 1,250$	$\frac{16,00}{13,33} = 1,200$	$\frac{13,33}{11,43} = 1,166$		
8			$\frac{22,85}{18,28} = 1,250$	$\frac{18,28}{15,24} = 1,199$	$\frac{15,24}{13,06} = 1,166$		
9				$\frac{20,57}{17,14} = 1,200$	$\frac{17,14}{14,69} = 1,167$		
10				$\frac{22,85}{19,04} = 1,200$	$\frac{19,04}{16,32} = 1,166$		
11					$\frac{20,94}{17,95} = 1,166$		
12					$\frac{22,85}{19,58} = 1,166$		

III. Relations entre les longueurs de tige vibrante, les diamètres des bulles et les nombres de nodales correspondants.

LONGUEURS de tige vibrante. *l*	NOMBRES DE NODALES. *N.*						
	2	3	4	5	6	7	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
9cent.	... ...	.....	3c15	3c94	4c72	5c51	
10	.....	.....	3,50	4,37	5,25	6,12	
11	.....	.....	3,85	4,81	5,77	6,74	
12	.....	3c15	4,20	5,25	6,30	7,35	
13	.....	3,41	4,55	5,69	6,82	7,96	
14	.....	3,67	4,90	6,12	7,35	8.57	
15	.....	3,94	5,25	6,56	7,87	9,19	Diamètres
16	.....	4,20	5,60	7,00	8,40	9,80	des
17	.....	4,46	5,95	7,44	8,92	10,41	bulles.
18	3c15	4,72	6,30	7,87	9,45	11,02	*d.*
19	3,32	4,99	6,65	8,31	9,97	11,64	
20	3,50	5,25	7,00	8,75	10,50	12,25	
21	3,67	5,51	7,35	9,19	11,02	.....	
22	3,85	5,77	7,70	9,62	11,55	.....	
23	4,02	6,04	8.05	10,06	12,07	.....	
24	4,20	6,30	8,40	10,50	.....	.....	
25	4,37	6,56	8,75	10,94	.....	.....	

Ce tableau III permet de formuler la loi suivante :

3e loi. — *Pour une même longueur de tige vibrante, les nombres de nodales sont proportionnels aux diamètres des bulles :* ou

l étant constant $\frac{N}{N'} = \frac{d}{d'}$ . . . . (3) Pl. IV.

Nous pouvons maintenant réunir ces trois relations

pour n'en faire qu'une formule générale qui s'écrira, d'après la notation précédente :

$$\frac{N}{N'} = \frac{dl'}{d'l} \quad \text{ou} \quad \frac{d}{d'} = \frac{Nl}{N'l'} \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (4)$$

que l'on pourra énoncer ainsi :

Loi générale. — *Le rapport des diamètres des bulles est égal au produit du rapport des nodales par celui des longueurs de tige correspondantes.*

On vérifie facilement l'exactitude de cette loi en remplaçant les lettres par les valeurs correspondantes, prises dans le tableau I, ainsi :

Vérification : 1er exemple $\begin{matrix} N = 4 & d = 7. & l = 20 \\ N' = 6 & d' = 10 & l' = 19{,}04 \end{matrix}$

$$\frac{N}{N'} = \frac{dl'}{d'l} \; ; \; \frac{4}{6} = \frac{7 \times 19{,}04}{10 \times 20} = \frac{133{,}28}{200} \text{ ou } 400 = 399{,}84$$

Si l'on prenait $l' = 19{,}05$ au lieu de 19,04 on aurait

$$400 = 400{,}05.$$

2e exemple $\begin{matrix} N = 3 & d = 6 & l = 22{,}85 \\ N' = 5 & d' = 8 & l' = 18{,}28 \end{matrix}$

$$\frac{N}{N'} = \frac{dl'}{d'l} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{3}{5} = \frac{6 \times 18{,}28}{8 \times 22{,}85} \text{ ou } 548{,}40 = 548{,}40$$

On ne saurait trouver de vérifications plus exactes.

On déduit d'ailleurs de la formule (4) les relations précédemment établies, en y faisant successivement

$$N = N' \quad , \quad d = d' \quad , \quad l = l'$$

ce qui donne respectivement

$$\frac{d}{d'} = \frac{l}{l'} \cdot \cdot \cdot (1) \; ; \; \frac{N}{N'} = \frac{l'}{l} \cdot \cdot \cdot (2) \; ; \; \frac{N}{N'} = \frac{d}{d'} \cdot \cdot \cdot (3).$$

Nota. Des deux relations (1) et (2) on n'est pas en droit de conclure la troisième (3), car ces formules ont été établies pour des cas particuliers en supposant d'abord N constant, puis d constant. Si l'on combinait (1) et (2) on en tirerait

$$\frac{d}{d'} = \frac{N'}{N}$$

ce qui est l'inverse de la relation (3) que donne la formule générale (4) en y faisant $l = l'$; ce que montre d'ailleurs à première vue, le tracé graphique (Pl. II), comme aussi le tableau I.

La formule (4) peut s'écrire de la manière suivante, en tenant compte de la relation (α)

$$\frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n'}} = \frac{d'N}{dN'} \text{ ou } \frac{n}{n'} = \frac{d'^2N^2}{d^2N'^2} \text{ ou plus symétriquement :}$$

$$\frac{d^2n}{N^2} = \frac{d'^2n'}{N'^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Et si $N' = N$ ou a $\frac{d}{d'} = \frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}}$ ou $\frac{d^2}{d'^2} = \frac{n'}{n}$ . . . (1 *bis.*)

Si $d = d'$ . . . . . $\frac{N^2}{N'^2} = \frac{n}{n'}$ . . . (2 *bis.*)

Si $n = n'$ . . . . . $\frac{d}{d'} = \frac{N}{N'}$ . . . (3 *bis.*)

Cette formule (4) peut être simplifiée, en établissant la relation, non plus entre les rapports des éléments du phénomène, mais entre les quantités elles-mêmes. Il suffit pour cela de poser :

$$d = N\,l\,C \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

C étant une constante dépendant de la nature et de

l'épaisseur de la lame vibrante. Cette constante peut être facilement déterminée par l'expérience, dans chaque cas particulier. Posons donc

$$C = \frac{d}{Nl},$$

et remplaçons les lettres par les nombres correspondant à une même expérience (tableau I) et nous trouverons, après avoir fait cette substitution pour les diverses valeurs de ce tableau, la moyenne générale : $C = 0{,}0875$.

Nous aurons donc pour la lame d'acier employée aux expériences, la formule finale :

$$d = 0{,}0875 \,.\, Nl \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

relation très-simple qui permet d'obtenir facilement l'une des trois quantités, d , N , l , quand on connaît les deux autres.

Nota. On aurait pu poser

$$\text{soit } l = A \,.\, \frac{d}{N}, \text{ soit } N = B \,.\, \frac{d}{l},$$

A et B étant des constantes; mais on voit que ces relations auraient donné pour A et B des valeurs égales et que chacune d'elles eût été l'inverse de celle de C ; c'est-à-dire que l'on aurait eu

$$A = B = \frac{1}{C} = \frac{1}{0{,}0875} = 11{,}428571$$

et les formules seraient

$$l = 11{,}428571 \,.\, \frac{N}{d} \text{ et } N = 11{,}428571 \,\frac{d}{l} \,.$$

Nous nous en tiendrons donc à notre première formule

$$d = 0{,}0875 \,.\, Nl.$$

Les lois précédentes comprennent toutes les circonstances du phénomène qui nous occupe. Les autres conséquences que l'on peut déduire des tableaux numériques d'expériences sont accessoires.

J'en indiquerai cependant quelques-unes qui sont très-simples et que je ne voudrais point passer sous silence.

Ainsi dans le tableau I (et mieux dans le tableau I *bis* dont il va être question) on peut remarquer que :

1° *Les différences entre deux nombres consécutifs d'une même colonne* (c'est-à-dire pour un même système de nodales) *sont constantes* [1].

2° *Le produit de chacune de ces différences par le nombre de nodales correspondant est lui-même constant* et égal à

$$11{,}428571 = \frac{80}{7},$$

dans nos expériences avec la lame d'acier précitées.

Mais pour que ces vérifications se fassent exactement (et surtout pour obtenir le chiffre qui précède, $\frac{7}{80}$), il convient auparavant de compléter le tableau I, c'est-à-dire de calculer, comme je l'ai fait, en se basant sur

[1] En d'autres termes : *Si pour un même système de nodales, les diamètres des bulles croissent en progression arithmétique, les longueurs de tige correspondantes croissent aussi en progression arithmétique*, ce qui est d'ailleurs évident sur le tracé graphique, pl. II.

les premières lois établies, les quatre décimales de chacun des nombres qui le composent, en prenant pour point de départ de ce calcul les résultats d'expériences les plus sûres dans diverses colonnes.

Cette observation s'appliquera également au tableau III sur lequel il va être fait des remarques analogues.

Ces tableaux complétés sont les suivants I *bis* et III *bis*.

Les nombres qu'ils contiennent coïncident parfaitement avec ceux que les expériences de vérifications nous ont fournis.

I bis. Relations entre les diamètres des bulles, les longueurs de la tige vibrante qui les porte et les nombres de nodales correspondants.

(Lame d'acier de $0^m,25$ de longueur, sur $0^m,009$ d'épaisseur et 0,0014 d'épaisseur).

DIAMÈTRES des bulles. d	NOMBRES DE NODALES. N.						
	2	3	4	5	6	7	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
$3_{cent.}$	17^c1428	11^c4285	8^c5714	.....	.....	.....	
4	22,8571	15,2383	11,4285	9^c1428	.....	.....	
5		19,0476	14,2859	11,4285	9^c5238	.....	Longueurs de tige vibrante. l.
6		22,8571	17,1429	13,7143	11,4285	9,7959	
7			20,0000	16,0000	13,3333	11,4285	
8			22,8571	18,2856	15,2380	13,0611	
9				20,5714	17,1427	14,6938	
10				22,8571	19,0476	16,3264	
11					20,9523	17,9591	
12					22,8571	19,5918	
Différence D	$D_2 = 5,7143$	$D_3 = 3,80953$	$D_4 = 2,85714$	$D_5 = 2,285717$	$D_6 = 1,90475$	$D_7 = 1,63266$	
Produit DN	11,4286	11,42859	11,42856	11,42858	11,42850	11,42862	moyenne $11,428571 = \frac{80}{7}$

de nodales correspondants.

LONGUEURS de tige vibrante. l	NOMBRES DE NODALES. N.						Diamètres des bulles. d	DIFFÉRENCES.	
	2	3	4	5	6	7		Δ	$\Delta_n - \Delta_{n-1}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		$\Delta_9 = 0,7875$	
9cent.	.....	.....	3c15	3c9375	4c725	5c5125		$\Delta_{10} = 0,875$	0,0875
10	.....	.....	3,50	4,375	5,25	6,125		$\Delta_{11} = 0,9625$	0,0875
11	.....	.....	3,85	4,8125	5,775	6,7375		$\Delta_{12} = 1,050$	0,0875
12	.....	3c15	4,20	5,25	6,30	7,35		$\Delta_{13} = 1,1375$	0,0875
13	.....	3,4125	4,55	5,6875	6,825	7,9625		$\Delta_{14} = 1,225$	0,0875
14	.....	3,675	4,90	6,125	7,35	8,575		$\Delta_{15} = 1,3125$	0,0875
15	.....	3,9375	5,25	6,5625	7,875	9,1875		$\Delta_{16} = 1,40$	0,0875
16	.....	4,20	5,60	7,00	8,40	9,80		$\Delta_{17} = 1,4875$	0,0875
17	.....	4,4625	5,95	7,4375	8,925	10,4125		$\Delta_{18} = 1,575$	0,0875
18	3c150	4,725	6,30	7,875	9,45	11,025		$\Delta_{19} = 1,6625$	0,0875
19	3,325	4,9875	6,65	8,3125	9,975	11,6375		$\Delta_{20} = 1,75$	0,0875
20	3,500	5,25	7,00	8,75	10,50	12,25		$\Delta_{21} = 1,8375$	0,0875
21	3,675	5,5125	7,35	9,1875	11,025	.....		$\Delta_{22} = 1,925$	0,0875
22	3,850	5,775	7,70	9,625	11,55	.....		$\Delta_{23} = 2,0125$	0,0875
23	4,025	3,0375	8,05	10,0625	12,075	.....		$\Delta_{24} = 2,10$	0,0875
24	4,200	6,30	8,40	10,50	.....	.....		$\Delta_{25} = 2,1875$	
25	4,375	6,5625	8,75	10,9375	.....	.....			$\frac{7}{80}$
Différences : $D_n - D_{n-1}$	$D_2 = 0,175$	$D_3 = 0,2625$	$D_4 = 0,35$	$D_5 = 0,4375$	$D_6 = 0,525$	$D_7 = 0,6125$			
		0,0875	0,0875	0,0875	0,0875	0,0875			
$\frac{D}{N}$	0,0875	0,0875	0,0875	0,0875	0,0875	$0,0875 = \frac{7}{80}$			

D'autre part, le tableau III conduit à des conséquenc analogues ou inverses. Ainsi, on y constate :

1° *Que la différence entre deux nombres consécut d'une même colonne est constante ;*

2° *Que ces différences forment une progression arithn tique dont la raison est*

$$0{,}0875 = \frac{7}{80} ;$$

3° *Que le quotient de chaque différence par le nomb de nodales correspondant est constant et égal au* à 0,0875 ce qu'on peut écrire ainsi :

$$D_n - D_{n-1} = \frac{D_n}{N_n} \qquad \text{d'où}$$

$$\frac{D_n}{D_{n-1}} = \frac{N_n}{N_{n-1}} \text{ et généralement } \frac{D_n}{D_m} = \frac{N_n}{N_m}$$

ce qui signifie :

4° *Que les différences des diamètres des bulles so proportionnelles aux nombres de nodales, pour d longueurs de tige croissant en progression arithmétiqu*

Tous ces résultats peuvent être facilement vérifiés s le tableau III *bis* complété (à quatre décimales) comn il a été dit pour le tableau I.

Ce même tableau III *bis* nous montre en outre qu'(considérant les nombres d'une *même ligne horizonta* on arrive à des conséquences analogues à celles d nos 1° et 2° ci-dessus, à savoir :

5° *Que la différence entre deux nombres consécuti d'une même ligne horizontale est constante* (*d* constant

6° Et *que les différences relatives aux diverses lignes forment une progression par différence dont la raison est* 0,0875.

Ce qu'on écrira : $\Delta_m - \Delta_{m-1} = 0{,}0875$

or, on avait déjà $D_n - D_{n-1} = 0{,}0875$

donc $\Delta_m - \Delta_{m-1} = D_n - D_{n-1}$.

— En employant les tableaux I *bis* et III *bis* (complets) pour la vérification des lois (1) et (2), l'identité serait parfaite entre les rapports

$$\frac{d}{d'} = \frac{l}{l'} \text{ et } \frac{N}{N'} = \frac{l'}{l},$$

en y remplaçant les lettres par les valeurs numériques correspondantes.

Il résulte des relations précédentes que quand on a trouvé la direction de l'une des droites représentatives d'un système de nodales (celui de quatre par exemple, un des plus faibles à observer) on peut construire tout l'ensemble des lignes relatives à une même tige et dresser les tableaux numériques correspondants. A la rigueur, il suffirait même pour cela de connaître exactement le diamètre d'une seule bulle ainsi que la longueur exacte de tige correspondante.

Ainsi, avec le tableau I ou la construction graphique et la lame d'acier qui a servi aux expériences, on peut, après avoir évalué le diamètre d'une bulle, dire en quel point il faut serrer la lame pour produire à coup sûr, tel système de nodales que l'on voudra. Et réciproquement, étant donnée une longueur déterminée de la lame

et le diamètre de la bulle, on peut dire avec certitude quel système de nodales se produira ; ou enfin, on pourra trouver quel diamètre il faut donner à la bulle pour produire tel système de nodales avec une longueur de tige déterminée.

— Si l'on veut avoir la valeur des angles qui font avec la ligne des abscisses les droites représentatives des systèmes de 2, 3, 4, 5, 6 et 7 nodales, angles que nous désignerons respectivement par

$$\alpha_2 , \alpha_3 , \alpha_4 , \alpha_5 , \alpha_6 , \alpha_7 . \quad .$$

on aura, en prenant pour rayon commun $l = 15^{c}$ par exemple, les valeurs numériques suivantes pour la tige d'acier employée aux expériences :

$$\text{Tang. } \alpha_2 = \frac{2,62}{15} \quad \text{d'où} \quad \alpha_2 = 9^{\circ}\ 55'$$

$$\text{Tang. } \alpha_3 = \frac{3,93}{15} \quad . \quad . \quad \alpha_3 = 14^{\circ}\ 41'$$

$$\text{Tang. } \alpha_4 = \frac{5,23}{15} \quad . \quad . \quad \alpha_4 = 19^{\circ}\ 13'$$

$$\text{Tang. } \alpha_5 = \frac{6,54}{15} \quad . \quad . \quad \alpha_5 = 23^{\circ}\ 33'$$

$$\text{Tang. } \alpha_6 = \frac{7,87}{15} \quad . \quad . \quad \alpha_6 = 27^{\circ}\ 41'$$

$$\text{Tang. } \alpha_7 = \frac{9,18}{15} \quad . \quad . \quad \alpha_7 = 31^{\circ}\ 28'$$

En employant des lames ou tiges différentes par leur nature, leurs dimensions ou leur rigidité, on obtient, par une construction analogue, d'autres droites, toujours concourantes à l'origine des coordonnées, et faisant avec

l'axe des abscisses des angles d'autant plus grands que la lame est plus flexible. Ainsi avec la lame en tôle de $0^m,002$ d'épaisseur on a, pour les angles extrêmes, les valeurs suivantes :

$$\alpha_2 = 9^\circ\ 5' \text{ et } \alpha_7 = 39^\circ\ 25'$$

Et pour une latte en bois de même épaisseur (employée pour étudier plus facilement les évolutions des bulles et leurs formes limites)

$$\alpha_2 = 17^\circ\ 45' \text{ et } \alpha_7 = 48^\circ.$$

Mais les lois précédemment formulées sont également applicables à toutes les lames ou tiges et sont par conséquent générales.

Ainsi, quoique les éléments de la question ne soient pas susceptibles de mesures expérimentales bien précises (car il est difficile d'évaluer à moins d'un millimètre près, le diamètre d'une bulle et la longueur de tige vibrante la mieux appropriée au mode spontané de division de la bulle); néanmoins, le phénomène est assez simple en lui-même pour que j'aie pu, par les seuls moyens approximatifs précités, trouver les lois qui le régissent.

— Il ne sera pas inutile de faire remarquer ici que ces lois des formes vibratoires des bulles et celles des lames ou tiges sont corrélatives et que, par suite, les premières peuvent servir à vérifier les secondes, comme l'expérience de Melde permet de vérifier les lois de vibrations des cordes. En un mot, comme on dit en mécanique, ces effets sont *réversibles*.

Il en est de même des lois des plateaux circulaires

vibrants [1] comparées à celles des bulles ; les *nodales* q montrent les bulles sont en concordance avec les *résea* liquides qu'on observe sur les plateaux. Ces deux phén mènes peuvent se servir mutuellement de contrôle da la recherche et la vérification de leurs lois respectiv

Le tableau suivant montre ce rapprochement à l'ai des notations analogues :

Pour les réseaux

r, r' représentent les nombres de résea périphériques ;
λ, λ' représentent les largeurs des stries ;
n, n' — les nombres de vibrati des sons correspondants rendus le plateau circulaire vibrant.

Pour les bulles

N, N' représentent les nombres de nodales
d, d' — les diamètres des bull
n, n' — les nombres de vibrati de la tige qui porte bulles.

Réseaux.	Bulles.	
$\frac{r^2}{r'^2} = \frac{n}{n'}$	$\frac{N^2}{N'^2} = \frac{n}{n'}$	d'où $\frac{r}{r'} = \frac{N}{N'}$ . . . .
$\frac{\lambda^2}{\lambda'^2} = \frac{n'}{n}$	$\frac{d^2}{d'^2} = \frac{n'}{n}$	d'où $\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{d}{d'}$ . . . .

La relation (*a*) signifie que *les nombres de résea sont proportionnels aux nombres de nodales* ; c'est-à-d que si avec la vitesse de vibration qui produit *qua réseaux*, par exemple, on a, avec les bulles, 2, 3

[1] Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXX p. 453 ; LXXXVII, 51, 356, 551 ; LXXXVIII, 553 (17 mars 187 Annales de Chimie et de Physique, 5e série, t. XVII, 338 (jui 1879).

4 nodales, selon les diamètres. Pour *huit réseaux* on aura respectivement 4, 6 ou 8 nodales avec des bulles de ces mêmes diamètres.

La relation (*b*) se traduit ainsi : *les largeurs des stries sont proportionnelles aux diamètres des bulles.* Ces résultats peuvent être vérifiés facilement par l'expérience.

C'est ainsi que ces recherches sur les bulles glycériques se rattachent à celles que j'ai faites précédemment sur les plateaux circulaires vibrants.

— J'ajouterai ici quelques remarques relatives au mode d'expérimentation et à diverses circonstances particulières.

1° Lorsqu'on veut faire une série d'expériences sur un diamètre déterminé de bulle, par exemple $0^m,05$, très-convenable pour les observations, on commence par en souffler une de diamètre plus grand que $0^m,05$. Alors on laisse ouvert dans la bulle (durant une fraction de seconde plus ou moins grande) le tube qui a servi à la gonfler. Par son élasticité la bulle chasse une partie de l'air intérieur. Quand on juge que la bulle a été réduite au volume cherché, on ferme immédiatement le tube avec le doigt ou la langue et on retire le tube. On pourrait l'y remettre et gonfler la bulle si elle était devenue trop petite. Cette double opération ne la détruit pas. On évalue ensuite le diamètre avec toute l'exactitude possible, c'est-à-dire à moins d'un millimètre près, par le procédé qui sera indiqué plus loin.

On peut employer le même moyen lorsqu'il s'agit de trouver le diamètre de bulle qui convient le mieux à une

longueur déterminée de tige vibrante, pour obtenir bien développé tel système de nodales que l'on voudra. D'ailleurs, avec un peu d'habitude, on arrive à souffler des bulles qui ont, à un ou deux millimètres près, le diamètre désiré, même sur des volumes de 5 à 7 centimètres de diamètre.

On a recours à ce même procédé pour souffler des bulles de $0^m,10$ à $0^m,12$. Comme il ne serait guère possible de maintenir des bulles de cette dimension *au dessus* de la tige vibrante, sur un support de $0^m,02$ de diamètre, on souffle d'abord la bulle jusqu'à ce qu'elle ait $0^m,04$ à $0^m,05$ par exemple, et l'on retire le tube. Alors on retourne la lame (dont on a mis la graduation en dessus) et l'on introduit le tube mouillé dans la bulle ainsi renversée, pour achever de lui donner le volume que l'on désire et qu'elle peut atteindre sans éclater [1].

Les bulles de petite dimension étant plus durables que les volumineuses, c'est sur les petites bulles de $0^m,04$ à $0^m,05$ de diamètre et sur les bulles moyennes de $0^m,07$ à $0^m,08$ que la plus grande partie des expériences ont été faites. On n'a eu recours que rarement aux bulles de $0^m,10$ à $0^m,12$.

2° Pour mesurer le diamètre d'une bulle, on peut employer différents moyens : d'abord l'appréciation directe en se servant d'un double décimètre placé parallèlement à la tige et aussi près que possible de la bulle,

[1] Les bulles sont fortement adhérentes au support et peuvent subir des déformations considérables sans se briser.

Dans la position renversée du support la bulle montre mieux le système de deux nodales; l'ellipsoïde horizontal se sépare mieux que dans la position droite.

vers l'équateur. Dans ce cas, l'œil doit venir successivement vis-à-vis de chaque extrémité du diamètre ; ou bien, d'après la disposition du verre de montre qui porte la bulle et dont le centre coïncide verticalement avec l'extrémité de la tige graduée, on peut évaluer le rayon de la bulle par la position de la tangente verticale à cette bulle en repos. Pour faciliter cette mesure, on place derrière la bulle une feuille de carton sur laquelle sont tracées des droites parallèles que l'on dispose verticalement.

Enfin, les deux moyens peuvent être employés successivement comme contrôle l'un de l'autre.

3° Parmi les formes variées que peut prendre une même bulle, on remarque que, sans changer de système, elle présente dans l'intérieur des surfaces internodales, tantôt convexes vers le dehors, tantôt planes ou presque planes, et tantôt concaves, selon la longueur de tige vibrante (et aussi suivant l'énergie du choc).

Ainsi, le système de quatre nodales montre, pour une certaine longueur de tige, une figure dont la section verticale offre l'apparence de deux carrés à angles arrondis et à côtés presque rectilignes, conjugués en polygone étoilé et régulier (*fig. 4 bis*). Si l'on augmente ou si l'on diminue progressivement la portion de lame vibrante, on voit la bulle prendre, pour passer d'un système à l'autre, toutes les formes intermédiaires entre les carrés conjugués et les triangles conjugués, ou entre les carrés et les pentagones.

Enfin, entre ces figures plus ou moins régulières, on remarque, sur la limite commune (et pour une variation d'environ $0^m,002$ de longueur de tige vibrante) des

formes indécises, diffuses, tenant à la fois de chacun des systèmes voisins. (La planche I montre quelques-unes de ces formes évolutives.)

Ainsi, une même bulle subit des transformations nombreuses, depuis les premières manifestations de ses formes relatives à un système, jusqu'à son évolution complète, à son épanouissement, à son état qu'on peut appeler *normal*.

Ces formes de transition, formes confuses, irrégulières, rappellent les figures bizarres des nodales qu'on observe sur les plateaux circulaires lorsque le son rendu par le corps vibrant ne correspond pas à un mode de divisions de la plaque en un nombre exact de parties égales; cas où ce son est composé d'autres sons anharmoniques, discordants.

4° Les fuseaux présentent toujours plus de développement dans la partie supérieure et libre de la bulle où l'amptitude des vibrations est à son maximum [1], que sur les côtés. C'est donc au sommet que se montrent quelquefois ces formes tout-à-fait exagérées qu'on fait prendre à la bulle par des chocs violents sans qu'elle se rompe (*fig.* 12, 13 et 14). Aussi est-ce dans la nodale supérieure que l'on remarque le déplacement le plus prononcé pour les fortes amplitudes de vibrations.

En général, pour des vibrations très-amples la bulle prend, à cause de sa grande élasticité, un volume supérieur à celui qu'elle avait au repos.

5° En observant la position des nodales au moyen de points de repères extérieurs à la bulle vibrante, on

[1] C'est au contraire la partie inférieure qui est le plus développée, quand la bulle est placée *sous* le support.

remarque que les nœuds, sans être absolument fixes, s'éloignent peu de la surface sphérique primitive, si ce n'est dans le voisinage du sommet de la bulle.

On constate aussi, lorsque le système observé est nettement produit, que les nœuds restent visibles durant trois, quatre et même cinq secondes selon l'amplitude, temps bien suffisant pour les observer. D'ailleurs, en répétant les chocs à des intervalles de temps suffisamment rapprochés de seconde en seconde par exemple, on entretient le mouvement vibratoire presque constant et, pour ainsi dire, indéfiniment; ce que l'on pourrait réaliser régulièrement avec un interrupteur électrique analogue à celui des sonneries.

Pour faciliter l'observation des nodales, il est avantageux de placer au delà des bulles que l'on examine, une feuille de papier de couleur foncée, bleue par exemple, sur laquelle les silhouettes des bulles puissent se détacher facilement.

6° Quant à la durée même des bulles, durée qui varie nécessairement avec la nature du liquide employé et le temps depuis lequel il a été préparé, elle est ici chose accessoire; je dirai seulement que je me suis servi, dans la majeure partie de mes recherches, non pas du liquide glycérique de M. Plateau, mais d'abord de la composition indiquée par M. Terquem (*Journal de physique* 1873, page 409), puis d'eau de savon additionnée de sucre au moment de faire usage du liquide, et enfin, comme plus commode et très-suffisant pour le but que je me proposais, d'eau de savon ordinaire faite avec d'excellent savon de Marseille. Les bulles duraient selon leur volume d'une à cinq minutes, temps bien suffisant

pour l'observation des nodales et la mesure du diamèt de ces bulles.

7° Les surfaces que l'on voit dans l'intérieur d'u bulle vibrante et qui accusent ses phases successive sont tantôt convexes vers le dehors, tantôt planes, tant concaves, suivant que la bulle approche plus ou moi de sa position sensible ; car ce n'est pas préciséme quand la bulle forme des triangles, carrés, pent gones, etc., rectilignes en partie, qu'elle vibre à l'unisc de la tige, c'est lorsqu'elle présente des fuseaux courb et des nœuds fixes ; position pour laquelle sa sensibili est à son maximum, comme il a été dit précédemmen

8° Si l'on regarde de différents côtés une bulle vibration, présentant un système de nodales netteme développé, on voit tout autour d'elle les mêmes fuseau et les mêmes nœuds. Ce n'est donc pas seulement da le plan d'oscillation de la tige ou dans un plan perpe diculaire à celui-là, que ces apparences sont observable c'est de tous côtés. La figure de la bulle vibrante e donc une surface de révolution, symétrique par rappo à son axe vertical. Il faut dire toutefois que la moitié plus éloignée du point fixé de la tige est un peu pl développée que l'autre, par suite de sa plus gran vitesse, surtout si la portion vibrante de cette tige e courte et les vibrations amples.

9° Outre le mouvement vibratoire dont nous no occupons, la bulle peut en présenter deux autres, po ainsi dire accidentels : l'un est un mouvement de ha en bas, très-étendu, par lequel la bulle *saute*, sans suiv la vitesse de vibration de la tige ; l'autre est un mouve ment de *rotation*. Chacun de ces deux mouvement

lorsqu'il se produit en même temps que le mouvement vibratoire ordinaire, correspond à un système de nodales d'ordre inférieur. Il y a, dans les deux cas, coexistence, superposition des systèmes, comme dans les vibrations des cordes, des tiges, des plaques et des vases.

10° Quant aux teintes diversement colorées qu'une bulle prend successivement à mesure que son épaisseur diminue, je dirai seulement (puisque je n'ai pas à étudier les bulles sur ce point de vue), que les couleurs sont nettement arrêtées aux limites des surfaces, planes ou courbes, qui déterminent les divisions de la mince pellicule en zones symétriques : ce qui permet de bien distinguer à l'intérieur, comme à l'extérieur, leurs contours, ainsi que les lignes nodales. On peut remarquer en outre qu'à l'état vibratoire les bulles sont plus belles, plus variées de teintes vers les nodales. On voit, en effet, leurs couleurs changer sous le coup d'archet, ou le choc de la tige; une sorte de circulation active s'effectue, non de haut en bas, mais de bas en haut, ce qui fait durer la bulle plus longtemps.

11° On peut projeter, par les moyens ordinaires, les bulles vibrantes de $0^m,03$ à $0^m,06$ de diamètre et plus, pour rendre apparents les fuseaux et les nœuds, ainsi que pour montrer à un auditoire toutes les transformations successives des bulles, quand on fait varier la vitesse et l'amplitude des vibrations. Dans ce cas, on pourrait aussi faire usage de l'interrupteur dont il a été question, pour entretenir électriquement les vibrations d'une manière continue et régulière.

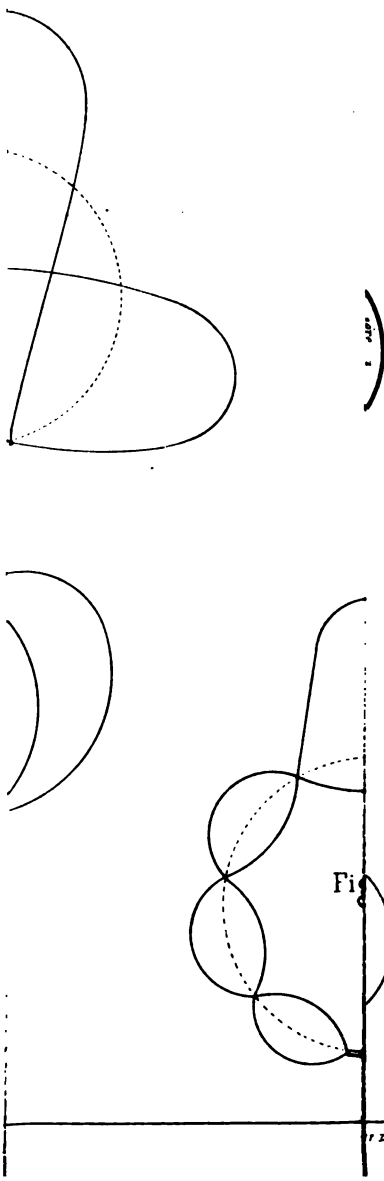
NOTE SUR LE SYSTÈME UNINODAL.

Après avoir obtenu un tracé graphique représent exactement le phénomène des bulles vibrantes, p toutes les longueurs de tige, pour tous les diamètre pour tous les systèmes de nodales, je me suis dema comment devait être interprété le *système d'une s nodale*, mes expériences ne m'ayant pas encore mo de forme qui répondît à ce cas particulier, bien que trois éléments correspondants d , n , l en fussent dé minés par le tracé graphique (Pl. I.)

Dirigeant alors mes recherches de ce côté, en opér sur des bulles d'un à trois centimètres, avec un suppor cinq millimètres de diamètre (petit coquillage circulai j'ai pu voir, exceptionnellement d'abord, puis fréqu ment et enfin à volonté (en augmentant l'amplitude vibrations et l'énergie des chocs dans une certa proportion) des figures dans lesquelles les bulles os laient, non de haut en bas comme à l'ordinaire, n suivant la longueur de la tige, ou perpendiculairem ou obliquement à cette direction (*fig.* 9 et 10) selon le liquide mouillait le support plus d'un côté que l'autre. Ces figures tendaient vers la forme finale d *chiffre huit horizontal ou surbaissé,* ayant, par con quent, un seul nœud, situé au milieu du support (*fig.* 1

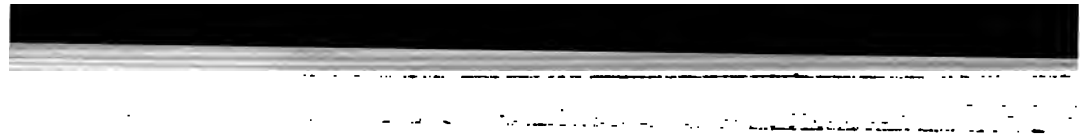
Opérant ensuite avec des supports plus larges, j'ai réaliser, quoique plus difficilement, le même effet, o mouvement oscillatoire latéral plus ou moins pronoi

glycérique . par



Fig

T DOIREAU, ANGERS.



avec des bulles de quatre à six centimètres de diamètre, ce qui est le commencement du système en question.

Néanmoins, je n'ai pas cru devoir introduire le système *uninodal* dans le tracé graphique, ni dans les tableaux numériques, parce qu'ici la correspondance entre les longueurs de tige et les diamètres des bulles n'est pas nettement déterminé, comme dans les autres systèmes. Cependant, je dois ajouter que la plupart des résultats d'expériences se sont trouvés sensiblement d'accord avec la construction graphique.

NOTE SUR LES BULLES HÉMISPHÉRIQUES.

Les bulles soufflées directement sur une large plaque sont toujours *hémisphériques* lorsqu'elles ne sont pas gênées dans leur développement. Ayant nécessairement une nodale équatoriale, elles sont moins sensibles au mouvement vibratoire que les bulles complètes. Elles offrent des formes qui sont, dans chaque cas, les moitiés symétriques de celles des bulles complètes qui leur correspondent. Mais tandis que les bulles hémisphériques présentent 2 , 3 , 4 , 5 etc. . n nodales (*fig.* 15, 16, 17) les bulles complètes en ont respectivement 3 , 5 , 7 , 9 . . . $(2n-1)$.

Il est à remarquer que les systèmes de 4 , 6 , 8 etc. nodales des bulles complètes, ne peuvent avoir leurs correspondants parmi les bulles hémisphériques, puisque dans les premiers il n'y a pas de nodale à l'équateur (quoique la figure y soit coupée en deux parties symé-

triques) tandis que dans les seconds il y en a necessa rement une.

Malgré ces différences, ou plutôt en tenant compte ces différences, les bulles hémisphériques suivent, da les manifestations de leurs formes vibratoires et de leu évolutions, les mêmes lois que les bulles complè (*fig.* 15 à 18).

— S'il n'est pas possible de réaliser simplement d bulles plus petites qu'un hémisphère, il est, au contrai très-facile d'en produire ayant *plus d'un hémisphère.* suffit pour cela de souffler la bulle sur une plaque circ laire jusqu'à ce qu'elle dépasse en diamètre celui de plaque elle-même.

Dans ce cas, comme dans les autres, la bulle se parta toujours en zones symétriques, présentant des nodal équidistantes, dont l'une est nécessairement le cercle support (*fig.* 19 et 20).

Je ne m'arrêterai pas à l'étude de ces sortes de bulle ni à celles qu'on obtient en se servant de plaques elli tiques, triangulaires, carrées, rectangulaires, etc. polygonales, pleines ou évidées, ainsi qu'à celles qu' produit sous forme lenticulaire sur un fil métalliqu malgré quelques particularités curieuses qu'elles offre sous le rapport de leurs formes vibratoires.

NOTE SUR LES FORMES VIBRATOIRES DES BOULES LIQUIDE

Un petit ballon en caoutchouc plein de gaz ou d'ai sans être insensible aux vibrations des corps ave lesquels on le met en contact, ne montre cependant r

isphériques et des b

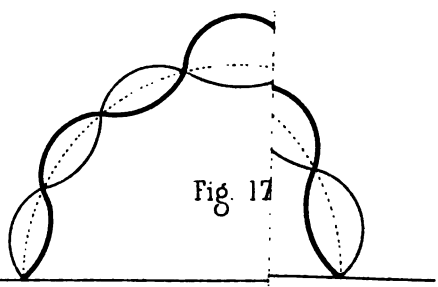


Fig. 17

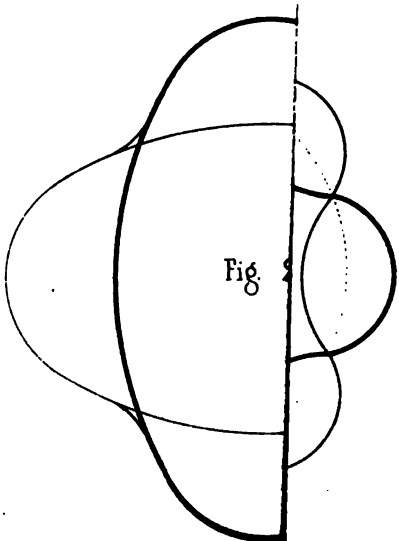


Fig. 2

ET DOLBEAU, ANGERS.

UNIV. DE

fuseaux ni nodales. Mais si l'on vient à le remplir complétement d'eau ou d'un liquide quelconque, il se prête à des expériences analogues à celles des bulles glycériques. Lorsqu'il a acquis un volume (sensiblement sphérique) de 0m,10 à 0m,12 et même 0m,15 de diamètre (sous une pression de 0m,90 environ de hauteur de liquide) et qu'on le pose sur un plateau vibrant capable de le porter sans trop fléchir, on constate à sa surface (lorsque le plateau est soumis à de fortes vibrations ou à des chocs) des fuseaux plus ou moins nombreux avec des nodales assez distinctes[1]. On obtient des effets plus apparents en plaçant la boule d'eau sur une table et la soulevant légèrement par son appendice ; si on la frappe vers l'équateur en enfonçant les doigts normalement à la surface, on produit alors quatre fuseaux volumineux, c'est-à-dire deux nodales méridiennes (*fig.* 21). On peut encore plus commodément, tenir la boule entre deux doigts d'une main, de manière à la fixer, pour ainsi dire, autour d'un diamètre vertical ; puis, avec l'autre main, on frappe la boule normalement vers l'équateur, soit avec les doigts, soit avec un marteau en caoutchouc. Alors, en regardant le ballon en dessus on voit très-distinctement la zone équatoriale divisée en quatre renflements analogues à ceux des bulles glycériques de mêmes dimensions et aussi développées. En fixant à l'équateur un point convenablement choisi, on peut produire par des chocs plus rapides, six ou huit nœuds, mais moins distincts (*fig*, 22).

Il y a tout lieu de croire que ces boules d'eau suivent

[1] On pourrait aussi employer une tige vibrante appuyée contre la boule d'eau.

les mêmes lois que les bulles. J'ai vérifié seulemer qu'en quadruplant la vitesse de vibration ou des choc on passait de deux à quatre nodales.

Les résultats précédents généralisent donc l'expérienc de Melde en l'étendant aux surfaces et aux volume sphériques.

— Les expériences que j'ai faites sur les *boules liquid sans enveloppe* (gouttes d'eau, d'alcool, de mercure) or montré un mode de vibration analogue à celui de boules précédentes, mais plus difficile à observer, à caus de la petitesse des nodales. Ces gouttes posées sur u plateau vibrant présentent dans leurs formes, à peu prè hémisphériques, des stries concentriques et un soulève ment du fuseau supérieur relativement considérable.

— Il est probable que les changements de forme déterminés par le choc des corps solides sont analogue à ceux des bulles et des boules vibrantes sous le cho de la tige qui les porte.

A l'appui de cette supposition, je ferai remarque qu'une bille d'ivoire (bille de billard) diversemer choquée par une autre, rend des sons différents qu accusent nécessairement des modes de vibrations diver Cette bille doit prendre comme les bulles de liquid glycérique des formes variées que montrerait sans dou l'éclairement instantané par l'étincelle électrique, a moment du choc.

— On pourrait peut-être tirer, par induction, de ce expériences une conséquence d'une autre nature et d plus haute portée, mais, je m'empresse de le dire, sim plement conjecturale :

Nous avons vu qu'avec les bulles glycériques, ou le

boules d'eau (et probablement avec tous les corps solides sphériques doués d'élasticité), il se produit, selon la vitesse de vibration, des figures dont la régularité est d'autant plus manifeste que le rhythme du moteur coïncide mieux avec le mode de division spontanée de la sphère vibrante en parties symétriques ; d'autre part, on admet que tous les corps sont formés d'atomes qui ne se touchent pas et qui sont en mouvement vibratoire perpétuel.

Du rapprochement du premier fait et de la seconde hypothèse, ne pourrait-on pas induire, sans trop de témérité, que les divers modes de groupements atomiques ou moléculaires, et par suite leur structure, sont réglés par la vitesse de vibration de ces parcelles infinitésimales ? Cette supposition pourrait peut-être servir à expliquer les formes cristallines si bien étudiées et décrites par M. Gaudin, dans son ouvrage éminemment philosophique, *l'Architecture des atomes*.

Des expériences qui précèdent on peut tirer ces conclusions :

1° Elles établissent des relations simples entre les diamètres des bulles, les nombres de nodales et les longueurs correspondantes de tiges vibrantes ;

2° Elles sont corrélatives des lois de vibrations des tiges, des lames et des plateaux circulaires et peuvent servir à les vérifier et réciproquement ;

3° Elles généralisent l'expérience de Melde, en l'étendant aux surfaces et aux volumes sphériques ;

4° Elles montrent, apparentes ici et même très-exagérées, les formes vibratoires qui se produisent dans les boules liquides et vraisemblablement dans les corps

solides élastiques mis en vibration par le choc ou par tout autre moyen, formes qu'on pourrait peut-être déceler par l'éclairement instantané au moyen de l'étincelle électrique ;

5° Enfin, par induction, elle conduisent à cette conséquence, que si les formes diverses que prennent les bulles, les boules liquides (et probablement les solides) sont sous la dépendance de la vitesse de vibration, il en pourrait bien être de même des groupements atomiques ou moléculaires dont on admet que les éléments sont dans un perpétuel mouvement vibratoire.

NOTE

SUR

L'EOPTERIS

Par M. L. DAVY

Ingénieur civil des Mines, Ingénieur des Mines de Segré, Membre titulaire non résidant

---

Mon cher Monsieur Ménière,

En vous adressant les quelques pages qui suivent, je me propose de faire connaître, par votre bienveillant intermédiaire, à la Société académique de Maine-et-Loire, l'histoire d'un prétendu fossile (empreinte de la plante terrestre la plus ancienne du monde) rencontré dans les schistes ardoisiers des environs d'Angers. Ce que l'on a dit à ce sujet a occupé beaucoup de géologues et m'a semblé devoir présenter quelque intérêt à vos savants collègues, qui, tout en s'occupant des découvertes scientifiques modernes, doivent s'intéresser d'une façon particulière à celles qui se rapportent à l'Anjou.

Je me permettrai de critiquer ce qui a été dit jusqu'à ce jour, je mettrai mes idées en concurrence avec celles des

savants les plus distingués, et je serai heureux si la solution du problème qui reste à résoudre peut être bientôt trouvée par un géologue angevin.

Veuillez agréer mes plus amicales salutations.

L. Davy,

Ingénieur civil des Mines, à Segré.

Le 3 septembre 1877, M. G. de Saporta, membre correspondant de l'Institut, annonçait à l'Académie des Sciences, la découverte d'une plante *terrestre* dans la partie moyenne du terrain silurien.

Je n'ai pu me procurer le texte de la communication, mais il y est dit, en principe, que cette plante est une fougère, d'assez grande taille, trouvée dans les schistes ardoisiers d'Angers, dans la partie du terrain silurien caractérisé par le *Calimene Tristani*. Elle appartient au groupe des *Neuroptéridées*, et rappelle les *Cyclopteris* et les *Talœopteris* que l'on observe vers le dévonien supérieur, ou dans la partie la plus ancienne de la série carbonifère. Le silurien d'Europe n'ayant encore fourni, en fait de végétaux, que des algues d'une nature généralement problématique, on peut dire que la fougère des schistes ardoisiers d'Angers est la plus ancienne plante terrestre qui ait été rencontrée sur notre continent.

Le 18 novembre 1878, M. de Saporta envoyait à l'Académie des Sciences, la description d'une nouvelle

plante terrestre silurienne, trouvée par M. Crié, professeur à la Faculté des sciences de Rennes, dans les schistes ardoisiers d'Angers. C'est une fougère qu'il place dans le genre *Eopteris* et à laquelle il donne le nom d'*Eopteris Crici*.

La première avait été nommée par lui *Eopteris Morierei*, en l'honneur de M. Morière, professeur à la Faculté de Caen. M. de Saporta pense que ces fougères sont la souche ancestrale d'où les *Cardiopteris* et les *Cyclopteris* devoniens et infracarbonifères seraient plus tard dérivés. Il annonce que les deux espèces ci-dessus nommées ne sont probablement pas les seules et que M. Crié a déjà signalé les vestiges d'une troisième espèce.

J'ai lu successivement dans les publications scientifiques, le résumé succinct des deux communications précédentes, j'en ai parlé à quelques-uns de ceux qui, en Anjou, s'occupent, comme moi, de géologie. Aucun d'eux ne pouvait me donner de renseignements précis. Le texte des communications nous manquait et aucun de nous n'avait vu dans les schistes d'Angers rien qui ressemblât à une fronde de fougère. Nous étions d'autant plus déroutés, que la plante en question nous semblait devoir être fort rare, et que nous devions nous attendre à être forcés de remuer, avant de la trouver, des monceaux considérables de schiste ardoisier.

M. de Saporta s'est chargé de nous éclairer en publiant, à la fin de 1878, son livre intitulé : *le Monde des Plantes avant l'apparition de l'homme*, ouvrage en tête duquel il figure (pl. I, en couleur) pour la première fois l'*Eopteris Morierei*. Dans le texte, il dit (page 166) que cette fougère a été découverte par M. le professeur

Morière dans les schistes ardoisiers d'Angers, qu'elle représente la plante terrestre la plus ancienne qui ait été observée, qu'elle ressemble évidemment au *Cyclopteris* du terrain houiller; seulement la hampe de la fronde supporte des folioles inordinées et de dimensions inégales, les plus grandes se trouvant entremêlées à d'autres plus petites.

M. Bazin d'Angers, ancien pharmacien à Segré, ardent collectionneur de toutes curiosités géologiques et minéralogiques, avait vu l'ouvrage de M. de Saporta et la figure; il m'apprit sa découverte, et nous fûmes heureux de constater ensemble que la fameuse plante est rien moins que rare, que nous la connaissions l'un et l'autre depuis longtemps, mais que nous étions loin de soupçonner que ce que nous avions vu jusqu'alors pouvait être la plante terrestre la plus ancienne du monde.

Se trouvant à proximité des ardoisières, il s'est chargé d'amasser un grand nombre d'échantillons; nous avons donc pu les étudier en détail, et en envoyer une foule d'exemplaires à de nombreux savants.

La fameuse fougère primordiale est connue de tous ceux qui ont vu, une fois seulement, les ardoisières de la Bretagne et de l'Anjou, tous mes lecteurs l'ont eue plusieurs fois entre les mains, c'est elle que les enfants, employés aux ardoisières vendent pour quelques centimes aux visiteurs sous le nom de *fleurs*, comme ils appellent les trilobites des *poissons*, les brachiopodes des *papillons*, les cristaux de pyrite de fer des *diamants*.

Il n'existe pas une carrière qui n'en renferme plus ou

moins ; parfois leur abondance est telle que le schiste ne peut plus être employé comme pierre tigulaire.

Ces *fleurs* sont des plaques, le plus souvent très minces, de pyrite blanche très-facilement décomposable sous l'influence de l'air, interposées le plus souvent entre les feuillets de schiste dans le plan de fissilité, et offrant une cristallisation confuse dont la forme générale rappelle celle d'une feuille. Quelquefois l'ensemble représente une rosace plus ou moins régulière autour d'un centre irrégulier, probablement organique mais jusqu'ici indéterminé.

Le plus souvent les folioles ou prétendues pinnules sont placées de part et d'autre d'un axe généralement rectiligne, quelquefois brisé, atteignant plus d'un mètre de longueur, cet axe ressemble alors au rachis d'une fougère. Des formations pyriteuses analogues à celles dont je viens de donner une idée se rencontrent dans les plans de rupture de la roche formant avec le plan de clivage des angles de toutes natures, mais dans ce cas, on ne retrouve plus l'axe régulier qui imite le rachis.

D'après M. de Saporta, c'est l'ensemble des pinnules et des rachis qui forme la feuille de l'*Eopteris*. Les uns et les autres auraient, d'après lui, la même origine, et constitueraient la plante terrestre la plus ancienne du monde. Je crois devoir séparer ici l'étude de ces deux organes, pour m'occuper successivement, d'abord des pinnules, puis, ensuite, de l'axe sur lequel elles semblent s'insérer.

La prétendue fougère se rencontre dans tous les gisements ardoisiers de la Bretagne et de l'Anjou, je ne connais pas une carrière qui n'en renferme des spécimens

plus ou moins complets, partout cette forme est accompagnée de fossiles animaux évidemment marins, tels que des trilobytes, des brachiopodes et des polypiers. Pour que la plante terrestre puisse se trouver associée à ces restes d'origine pélagique, il faudrait que les frondes aient été transportées loin de leur lieu de naissance par des vents violents ou des courants impétueux, et il devient alors impossible d'expliquer comment des feuilles de plus d'un mètre de longueur, découpées comme la plus fine dentelle, ont pu se déposer au-dessous des eaux, sans que l'on puisse y observer la rupture d'une seule foliole.

Si le hasard de circonstances toutes spéciales peut être invoqué pour un individu isolé, on ne saurait le faire pour les milliers d'échantillons que l'on trouve au même point, et pour la généralité de tous les terrains ardoisiers.

Les plantes associées à la houille, bien que fossilisées au lieu même où elles se sont développées, pendant une période de calme, dans des eaux stagnantes, à l'abri des vents, sous le dôme de verdure qui couvrait le marais, présentent rarement des développements aussi considérables, et un pareil état de conservation. Il est impossible d'imaginer un moyen naturel de transport sans rupture d'organes aussi délicats. Il faut donc renoncer à faire de l'*Eopteris* une plante terrestre, ou nier l'origine marine des trilobites, des brachiopodes et des polypiers siluriens. Je vais aller plus loin en contestant l'origine organique des folioles en question.

Si nous cherchons, en effet, à nous rendre compte du processus de la fossilisation d'une plante herbacée, nous

trouvons qu'elle a dû se déposer à plat sur une surface quelconque, et se conserver assez longtemps dans un milieu tranquille, pour qu'une couche nouvelle de limon ait pu la recouvrir pour la préserver du contact destructeur de l'air ou de l'eau.

La feuille, ainsi fossilisée, doit alors se trouver dans le plan exact de la stratification, on ne peut pas concevoir qu'il puisse en être autrement. C'est ce que l'on observe dans les plantes fossiles de tous les âges. L'*Eopteris*, au contraire, se rencontre partout dans le plan de fissilité de l'ardoise, et l'on sait que ce plan ne coïncide que très rarement avec celui de la stratification et peut, suivant les lieux, en différer de plusieurs degrés.

A cette raison, que je crois d'une très grande valeur, on peut en ajouter une autre : tous ceux qui ont observé un fossile dans sa gangue, ont vu qu'il laissait après son ablation une trace appelée contre-empreinte. Quelque délicate que soit la forme de l'objet, cette contre-empreinte est toujours apparente et représente, en creux, dans ses moindres détails, ce que le fossile montre en relief.

Les folioles de l'*Eopteris* ne laissent rien voir de pareil, et cependant l'extrême finesse de la pâte ardoisière était essentiellement favorable à ce moulage naturel. Sous la plaque pyriteuse enlevée, on trouve la surface du schiste un peu plus foncée que dans les parties voisines, mais cela tient à ce que dans celle-ci la rupture est récente, tandis que l'interposition de la pyrite a produit une rupture ancienne. La foliole n'est pas imprimée en creux.

Enfin, si on avait affaire à une fougère conservée avec

tout son développement comme le prétendu *Eopt*
le point d'insertion des pinnules serait bien disti
Dans les échantillons, ils sont diffus.

L'*Eopteris* n'est donc pas une plante terrestre.
folioles ne sont même pas un reste organique.

Il ne doit pas en être de même de l'axe centra
prétendu rachis. Celui-ci, que j'ai dit être le plus
vent rectiligne, est quelquefois flexueux, d'autres
brisés à angles aigus, il est presque toujours accon
gné de soi-disant pinnules, mais souvent isolé, et
sente tous les caractères d'un fossile. Il est aplati,
offre toujours une empreinte et une contre-emprei
On le trouve transformé en pyrite, mais aussi à l
schisteux.

Sur sa surface on voit une foule de stries fines, di
sées obliquement, ressemblant à une gaufrure d
grande finesse ; le plus souvent ces stries sont plus n
breuses d'un côté que de l'autre. Sur les échantil
de grandes dimensions on peut voir des emprei
placées presque régulièrement, et qui pourraient
des points d'insertion de feuilles. Je n'ai jamai
de ramifications certaines, mais des échantillons qu
offrent l'apparence.

Je viens de réduire à de bien minimes proport
l'édifice construit par M. de Saporta. Il ne reste plu
sa plante compliquée qu'un vestige organique
nom, sans nature déterminée, qui exercera encor
perspicacité de bien des chercheurs. Je n'essaierai
d'augmenter la liste des noms nouveaux, je n'affirm
rien, j'essaierai seulement de n'être pas en contra
tion avec les faits que j'ai pu observer.

La pyrite de fer est un des corps les plus répandus dans la nature, elle se trouve associée à la plupart des roches et des minéraux qui constituent les filons, mais elle accompagne toujours les dépôts de végétaux fossiles. Il n'y a pas une couche de houille qui n'en renferme, les schistes des terrains carbonifères en sont imprégnés, elle se forme de nos jours dans les tourbières, dans les les vases de nos lais de mer, où elle se substitue peu à peu aux végétaux enfouis.

Pour expliquer le phénomène, il suffit de savoir que les sulfates alcalins abondent dans les eaux et surtout dans celles de la mer, que ces sels sont facilement réduits en présence des matières organiques riches en carbone, en donnant lieu à un sulfure et à de l'acide carbonique, qu'enfin le sulfure de fer étant plus stable que les sulfures alcalins, doit se substituer à eux toutes les fois que la roche imprégnée renfermera du fer, comme le fait le schiste ardoisier.

C'est par ce procédé que presque tous les fossiles des schistes se trouvent transformés en pyrite. Comme le phénomène s'est continué pendant une longue suite de siècles, la matière organique a complétement disparu. Il est donc probable que le rachis du prétendu *Eopteris* était un corps organique, et que c'est sous l'action du carbone qui le constituait, que se sont formées les dendrites pyriteuses placées de part et d'autre de lui dans les fissures du schiste. Les eaux de la surface, entraînant avec elles, en même temps que des sulfates, des corpuscules organiques nombreux, ont dû continuer ces dépôts dendritiques bien longtemps après la

disparition des tissus des restes fossilisés. Ces dépôts se produisent probablement encore de nos jours.

Beaucoup de géologues angevins ont pu observer que le dépôt de sulfure de fer qui a transformé le test de certains trilobites siluriens en pyrites ne s'est pas arrêté à l'animal lui-même, mais a imprégné la roche entière, dans un certain rayon autour de lui, au point de rendre le fossile méconnaissable.

M. Hermite, le savant docteur ès-sciences naturelles de la Faculté libre d'Angers a voulu voir (*Revue des questions scientifiques*, juillet 1879) dans l'axe central de l'*Eopteris* un canal creusé dans la vase encore molle par lequel le sulfure de fer s'est introduit pour s'infiltrer entre les différents feuillets du schiste. Je ne veux pas contester l'existence de ce canal; pour moi, au contraire, quelle que soit sa nature, il est probable. Mais je ne puis admettre que c'est par là que le sulfure s'est introduit. D'où venait-il? Les orifices n'étaient donc jamais obstrués? Et s'il faut un canal pour que le sulfure de fer se dépose, par où est entré celui qui forme aujourd'hui les trilobites et en général tous les fossiles des ardoises?

Le sillon autour duquel se sont produits les dendrites a été probablement formé par une plante marine (*fucoïde?*); si ce n'était que la trace du passage d'un annelide, il serait difficile d'expliquer la rectilignité parfaite de la plupart des échantillons, et aussi la rupture à angle aigu de quelques autres.

Presque tous les savants à qui M. Bazin et moi avons envoyé des échantillons, et auxquels nous demandions des lumières, se sont excusés sur leur peu de connais-

sance en botanique fossile, quelques autres nous ont même renvoyé à M. de Saporta lui-même, d'autres tout en se déclarant incompétents, ont fait une critique amère de la facilité avec laquelle on crée aujourd'hui des genres et des espèces nouveaux; d'autres enfin ont vu sur les plaques de schiste, outre l'*Eopteris*, des fruits, des fleurs, toute une flore nouvelle.

Un échantillon superbe emprunté à M. Bazin et présenté par M. Hermite à quelques professeurs de la Sorbonne, a trouvé parmi eux beaucoup de doute. C'est alors que M. Hermite a fait une communication à la Société géologique de France, communication dont je ne connais pas encore le texte, mais dont la note citée plus haut doit être un résumé.

M. B. Renault, naturaliste au Muséum et auteur d'une foule d'observations de la flore fossile, après examen d'un certain nombre d'échantillons, n'hésite pas à déclarer que les prétendues pinnules ne sont autre chose que des dendrites pyriteuses. Quant au sillon qui forme le rachis, avec la prudence qui caractérise le véritable savant, il ne peut pas encore en caractériser la nature, et il laisse ce soin aux géologues qui, par l'étude d'un grand nombre d'échantillons et une critique judicieuse pourront mettre d'accord une hypothèse avec les faits observés. Les géologues angevins sont les mieux placés pour ce travail.

Les pages précédentes étaient écrites lorsque le numéro de la *Revue scientifique* du 23 août dernier est venu me donner l'opinion actuelle de M. de Saporta lui-même, exprimée dans une lettre de ce savant à M. Alglave.

M. de Saporta déclare *n'avoir jamais considéré l'existence de l'Eopteris comme absolument démontrée* et cela après deux communications de lui à l'Académie des Sciences, et la publication de son ouvrage, dans lequel la plante en question tient la première place. Je me demande ce qu'il aurait pu faire si sa conviction eut été complète? — D'après sa lettre, les folioles pourraient bien être des dendrites pyriteuses, mais il resterait à expliquer pourquoi, dans *un échantillon*, les pinnules décroissent régulièrement de la base au sommet, et semblent opposées, lorsque dans mille il en est autrement, pourquoi, dans *un autre échantillon*, le rachis est terminé nettement, lorsque dans la nature on le voit se prolonger en ligne droite, sans que l'on puisse lui assigner ni commencement ni fin. En admettant que ce rachis est l'empreinte d'une algue, ce dernier fait se trouve expliqué. Quoiqu'il en soit, je ne vois pas l'utilité de répondre à ces pourquoi qui ne s'appliquent qu'à deux échantillons isolés.

Quant au rachis, c'est un reste organique, mais ce n'est pas la trace d'un annélide, parce que la trace *diminue régulièrement de largeur de l'une des extrémités à l'autre*. J'ai dit plus haut les raisons qui me font penser comme M. de Saporta, que ce n'est pas la trace d'un annélide, mais j'ai observé, contrairement à lui, que le fossile conserve souvent la même largeur dans l'étendue de plus d'un mètre, la raison invoquée par M. de Saporta ne me semble donc pas suffisante.

Pour tout expliquer, M. de Saporta a pensé que *ces organes, si comparables à des rachis, pourraient assez naturellement être assimilés à des rayons épars, déta-*

chés des nageoires de Selacien, de la famille des raies ; à défaut de plante nous avons donc affaire à un poisson dont il ne nous reste que des débris de nageoires. Il m'est impossible de trouver aujourd'hui des raisons suffisantes pour nier le fait, mais je trouve au moins singulier que les organes les plus résistants de ce genre de poissons, qui sont les dents et les plaques palatines, aient disparu, tandis que les débris de nageoires ont pu être conservés. Cependant, les dents de poissons qui avaient des nageoires de plus d'un mètre de longueur devaient être fort solides et de grande dimension. Je ne suis pas de force à réfuter absolument le fait avancé en dernier lieu par M. de Saporta, je ne sais même pas quels sont les poissons qui ont pu être contemporains du *Calimene Tristani* des ardoisières d'Angers.

Pour me résumer, je pense qu'il reste beaucoup à faire avant de savoir ce que peut être le prétendu *Eopteris*, et je crois qu'il subsiste dans la science beaucoup de noms pris au sérieux, qui n'ont pas plus de valeur que celui du fossile qui fait le sujet de cette trop longue note.

Segré, le 28 août 1879.

MÉTÉOROLOGIE

NOTES

SUR UN

VERGLAS ET UN GIVRE INTENSES

Observés à Angers, les 4 et 12 décembre 1879 [1]

PAR C. DECHARME

I. Verglas du 4 décembre 1879

Un verglas, pareil à celui du 22 janvier 1879 [2], s'est produit à Angers et dans ses environs, durant la journée du 4 décembre 1879. Les conditions atmosphériques étaient analogues : vent violent, soufflant d'Est, par une température de — 2°,2 à — 0°,5; pluie fine,

[1] Ces notes ont été communiquées à l'Académie des Sciences, des Extraits en sont insérés dans les Comptes rendus des séances du 8 décembre 1879, p. 998, et du 15 décembre, p. 1054.

[2] *Mémoires de la Société Académique de Maine-et-Loire*, t. XXXVI, p. 121. — Comptes-rendus de l'Académie des Sciences du 27 janvier 1879, p. 193.

mêlée cette fois de *grésil en sphérules* assez régulières, de deux à quatre millimètres de diamètre, et dont quelques unes étaient hérissées de petites pointes.

Le phénomène du verglas commença le 4, vers huit heures du matin, après une nuit de tempête par vent d'Est, et dura jusqu'à quatre heures du soir [1].

Le baromètre qui marquait $0^m,758$ les 2 et 3 décembre descendit subitement, le 3 au soir, à $0^m,738$ et le lendemain à $0^m,732$ vers quatre heures du soir.

Les arbres et arbustes verts ont fléchi ou se sont brisés sous le poids de la glace diaphane qui recouvrait leurs feuilles et leurs branches, poids auquel est venu s'ajouter celui de la neige tombée dans la nuit du 4 au 5.

Les longs glaçons appendus aux feuilles et aux fils métalliques, étaient plus nombreux et plus rapprochés que ceux du 22 janvier. Une arbuste vert (fusain) dont les branches ont plié successivement sous le poids de la glace, puis finalement se sont rompues à demi, offrait un aspect assez bizarre : les glaçons qui étaient d'abord *en dessous* des feuilles, se trouvèrent *en dessus*, et présentaient la forme de cornes recourbées, quelques-unes au nombre de deux, trois ou quatre sur la même feuille ; cornes qui avaient jusqu'à cinq centimètres de longueur.

Le dégel commença le 6 à huit heures du matin par une température de + 0°,2, puis de 2°,8 à deux heures. L'atmosphère était dans un calme complet, le ciel pur.

[1] M. Cheux a noté, à son observatoire de la Baumette, près Angers, une baisse subite de $0^m,725$ le 4 à neuf heures du soir, et le lendemain une hausse rapide de $0^m,760$.

Je crois devoir noter ici une observation qui a son importance dans l'explication du phénomène peu ordinaire qui nous occupe. Durant la journée du 4, j'ai remarqué, à plusieurs reprises, sur le fond gris uniforme du ciel, de larges plaques très sombres, sans contours définis, qui se dirigeaient du Nord-Ouest ou de l'Ouest vers l'Est. Cette remarque vient à l'appui de l'opinion que j'ai émise sur la cause du phénomène du verglas, à savoir, qu'il n'est pas nécessaire d'admettre qu'en cette circonstance l'eau soit à l'état de surfusion; la pluie fine des nuages venant de l'Ouest ou du Nord-Ouest, à une température peu supérieure à zéro, se gelant en traversant les couches d'air inférieures très froides, explique très simplement et très naturellement ce verglas particulier.

Le phénomène dont nous parlons ne s'est produit que sur une zone peu étendue comparativement à celui du 22 janvier 1879; il n'a été observé, en effet, que dans la direction de Nantes, Angers et Tours. Ailleurs il n'est tombé que de la neige plus ou moins abondante.

II. Givre du 12 décembre 1879

Depuis le 4 décembre, jour du verglas dont il vient d'être question, rien de particulier ne s'était produit dans l'atmosphère, à Angers, sinon un abaissement considérable dans la température (— 14°,5 [1]) et une grande pression barométrique qui atteignit 0m,7782. Le dégel incomplet du 6 avait laissé beaucoup d'arbres et d'arbustes pliés sous le poids de la glace qui les recouvrait depuis cette époque.

Le 12 de ce mois, par une température de — 8°,8 à — 6°,4, une pression de 0m,779, et un vent d'Est extrêmement faible, il se manifesta, dès le matin, sur les brindilles des arbres d'abord, puis sur les feuilles, les branches et généralement sur tous les objets exposés à l'air, un dépôt de givre qui alla en croissant jusqu'au lendemain matin.

Ce givre, ou plutôt cette gelée blanche, offrait cette particularité : que les longues et nombreuses aiguilles de glace *opaque* qui le constituaient étaient placées toutes d'un même côté des branches, feuilles et brindilles, côté opposé à la direction du vent. Les houppes touffues, sortes de plumets que formaient ces fines aiguilles entrelacées, avaient fort peu d'adhérence entre elles; dès qu'on secouait un peu leur support, elle se détachaient immédiatement et tombaient ensemble.

D'après quelques pesées que j'ai faites, le poids de ce givre pouvait atteindre jusqu'à dix fois celui des

[1] — 17° à la Baumette, près Angers.

brindilles de tamaris qui portaient ces aiguilles glacées.

On voyait aussi sur la face supérieure des feuilles, sur divers corps et spécialement sur la neige durcie, de petites lamelles cristallines circulaires, rangées parallèlement entre elles et dont les plans étaient perpendiculaires aux surfaces des objets sur lesquels elles étaient implantées. Ces lamelles avaient jusqu'à un centimètre de diamètre et deux millimètres d'épaisseur; elles étaient séparées les unes des autres par des intervalles, sensiblement égaux, de deux à trois millimètres ou plus; elles formaient des rangs serrés, affectant parfois des courbes symétriques d'un assez bel effet.

Le 27 du même mois, un givre assez abondant s'est encore produit; mais le dépôt glacé d'humidité atmosphérique était en petites agglomérations amorphes et opaque, fixé, comme le précédent, sur un seul côté des objets auxquels il adhérait.

PROCÈS-VERBAUX

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ ACADÉMIQUE

DE MAINE-ET-LOIRE

ANNÉES 1877, 1878, 1879

SÉANCE DU 29 NOVEMBRE 1877.

Présidence de M. Decharme.

M. Decharme donne communication des revues et publications reçues depuis la dernière séance.

M. Decharme donne lecture d'une lettre de la *Revue politique et littéraire*, demandant l'envoi à la *Revue* des travaux de la Société. Il est décidé que le prochain volume sera envoyé à la *Revue politique et littéraire*.

M. Decharme communique également une lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique demandant des renseignements sur les bibliothèques des Sociétés savantes. M. Ménière se charge, de concert avec M. Barassé, de répondre aux questions posées.

Il est procédé à la nomination d'un Président en remplacement de M. Egger, appelé à la Faculté de Bordeaux.

M. Debidour est nommé Président ;

M. Decharme est nommé Directeur ;

M. Voisin est nommé Secrétaire en remplacement de M. Debidour ;

M. Egger est nommé membre correspondant.

Sur la présentation de M. Chervet, M. Kalb, professeur de Mathématiques au Lycée, est reçu membre de la Société.

M. Decharme communique à la Société, des expériences sur les formes vibratoires des vases et plaques élastiques. Pour déceler ces formes sur les plateaux en verre fixés horizontalement par leur centre et mis en vibration avec l'archet, M. Decharme se sert au lieu de sable, ordinairement employé, d'une mince couche d'eau qui montre le phénomène à l'état dynamique, par l'apparition de réseaux striés, symétriques très étendus pour le son fondamental, et d'autant plus nombreux et délicats que le son rendu est plus élevé. Quelquefois on distingue deux sortes de stries appartenant à des sons simultanés.

M. Decharme faisant remarquer que les vases, plateaux et plaques donnent des stries semblables, dont la largeur est en rapport avec la hauteur des sons correspondants, n'ose cependant se prononcer sur ce point, parce qu'il n'a pas encore pu vérifier expérimentalement cette relation avec toute l'exactitude qu'il désire apporter à ce résultat capital. Il espère y arriver au moyen de la photographie qui reproduira en même temps l'ensemble symétrique des réseaux striés, lequel est d'un bel effet.

Quant à l'explication du phénomène, M. Decharme pense que les stries périphériques du liquide contenu dans un vase vibrant, indiquent les plis correspondants de la paroi, et que pour les plaques, les réseaux (les réseaux excentriques surtout) décèlent les formes vibratoires des parties sous-jacentes des solides.

La séance est levée à neuf heures.

Le Secrétaire général,

J.-B. Voisin.

SÉANCE DU 27 DÉCEMBRE 1877.

Présidence de M. Decharme.

M. Voisin lit le procès-verbal de la précédente séance, qui est adopté.

M. Decharme donne communication des ouvrages reçus.

M. Chervet lit une note sur *le siège de la force électro motive dans les piles.*

M. le Trésorier présente les comptes de l'année.

La séance est levée à neuf heures.

Le Secrétaire général,

J.-B. Voisin.

SÉANCE DU 31 JANVIER 1878.

Présidence de M. Decharme.

M. Voisin donne lecture du procès-verbal de la dernière séance. Il transmet à la Société les regrets de M. Debidour appelé à la Faculté des lettres de Nancy. M. Debidour est nommé membre correspondant.

La nomination d'un Président en remplacement de M. Debidour est renvoyée à une prochaine séance.

M. Voisin lit la première partie d'une *Étude sur La Fontaine*, dans laquelle, il se propose de montrer les rapports qui existent entre le caractère de La Fontaine et la morale de ses fables. M. Voisin insiste particulièrement sur certains côtés, moins connus du caractère de notre fabuliste, entre autres sur son sens pratique que semble contredire l'irrégularité de sa vie, mais qui n'en est pas moins réel et moins sensible quand on y regarde de près.

Il montre que La Fontaine, peut-être sans s'en rendre compte à lui-même, a poursuivi toujours un même objet, de savoir se décharger sur les autres de la plupart des obligations de la vie, et d'être indépendant, tout en s'en remettant sur autrui du soin d'assurer son bien-être.

M. Voisin insiste également sur les tendances fatalistes de La Fontaine, disposé à accepter dans l'ordre

politique et social les choses telles qu'elles sont et à admettre dans l'ordre moral l'impuissance de la volonté.

La séance est levée à neuf heures.

Le Secrétaire général,

J.-B. Voisin.

SÉANCE DU 28 FÉVRIER 1878.

Présidence de M. Decharme.

M. Voisin lit le procès-verbal de la dernière séance.

MM. Souriau, professeur de philosophie, et de Crozals, professeur d'histoire au Lycée, sont nommés, à l'unanimités, membres titulaires.

M. Ménière communique à la Société des recherches sur les patois de l'Anjou, il fait remarquer que soit dans la prononciation, soit dans le vocabulaire même et dans les tours de phrase, il y a des différences d'arrondissement à arrondissement, il constate également la lointaine origine des patois du pays et leur conservation à travers les changements de la langue.

M. Ménière entre dans quelques détails sur certaines locutions et mots propres aux patois angevins, dont il a recherché l'étymologie. Il fait remarquer que les corps de métiers emploient des termes et des locutions unique-

ment à leur usage, et il insiste en particulier sur le caractère original des patois des Ardoisières.

M. Decharme communique des recherches et des expériences sur la coloration des anneaux thermiques.

La séance est levée à neuf heures un quart.

Le Secrétaire général,

J.-B. Voisin.

SÉANCE DU 28 MARS 1878.

Présidence de M. Decharme.

M. Voisin donne lecture du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

M. le Bibliothécaire présente une analyse des ouvrages reçus depuis la dernière réunion.

En réponse à l'invitation adressée par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts de prendre part aux réunions des Sociétés savantes, à la Sorbonne, sont délégués : MM. Souriau, Ménière, Parrot, Chervet et de Crozals.

M. Ménière ajoute quelques nouveaux détails au mémoire qu'il avait lu précédemment sur *une nouvelle mine de fer*, se rapportant à l'époque Gallo-Romaine, située sur la propriété de M. Dussuc, nommée les Granges.

Parmi les objets trouvés dans cette mine, M. Ménière cite particulièrement les suivants, qu'il expose sur le bureau :

1° Une clef avec panneton très échancré ;

2° Un marteau de mineur ;

3° Le fruit du *Trigonocarpum ovatum*, rempli de fer oxydulé, mamelonné ;

4° Des impressions végétales du *Calamus Radiatus* et autres ;

5° Des tiges du *Psylophyton princeps* de Dawson, espèce caractéristique du terrain dévonien ;

6° Une tige d'un Calamis (*Acorus Calamus*) de forme quadrangulaire. La surface de la tige porte une gorge parallèle à l'axe.

Après cette communication, M. Ch. Ménière commence la lecture d'un intéressant mémoire sur *des végétaux fossiles de l'étage silurien.*

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée.

Le Secrétaire général,

J.-B. Voisin.

SÉANCE DU 25 AVRIL 1878.

Présidence de M. Decharme.

M. Ménière donne lecture du procès-verbal de la séance précédente qui est adopté.

M. le Bibliothécaire analyse les ouvrages adressés à la

Compagnie et spécialement la *Notice sur la découverte du* LAVATORIUM *de l'ancien hôpital Saint-Jean d'Angers*[1] offerte par l'auteur, M. Armand Parrot, qui le premier a déterminé l'origine de ce remarquable édicule. M. le Bibliothécaire donne à ce sujet lecture des lignes suivantes extraites de la *Revue Archéologique* de Didier[2].

« Dans cet opuscule, rédigé avec beaucoup de soin et « de compétence, M. Parrot fixe par une série de com- « paraisons très judicieuses, le caractère d'un petit monu- « ment du XIII^e^ siècle sur la nature et la destination « duquel on s'était trompé avant lui. Il montre jusqu'à « l'évidence, qu'il convient d'y reconnaître une de ces « fontaines, destinées aux ablutions des vivants et des « morts, qui s'étaient multipliées à partir du XII^e^ siècle « dans les couvents français et qui en ornaient les « cloîtres. »

M. Ménière termine la lecture de son mémoire sur *Des végétaux fossiles de l'étage silurien.*

La séance est levée à neuf heures et demie.

Pour le Secrétaire général,

CH. MÉNIÈRE.

SÉANCE DU 23 MAI 1878.

Présidence de M. DECHARME.

En l'absence de M. Voisin, Secrétaire général qui s'est excusé par lettre de ne pouvoir assister à la réunion,

[1] Paris, Imp. Nationale, 1878, in-8°.
[2] Paris, Didier, 1878, p. 276.

M. Armand Parrot donne lecture du procès-verbal de la séance précédente.

M. le Président communique ensuite une lettre par laquelle M. le Ministre de l'Instruction publique informe la Société, qu'à l'avenir, elle recevra périodiquement le *Journal des savants*. Cette nouvelle est accueillie avec une vive satisfaction. Des remerciements seront adressés à M. le Ministre.

M. Decharme lit également une lettre de M. le Préfet de Maine-et-Loire, par laquelle il invite le Président de la Société à faire partie de la Commission qu'il a constituée, pour la rédaction de l'*Inventaire des richesses d'art de la France*, en ce qui concerne les monuments publics du département.

Parmi les ouvrages reçus depuis la dernière réunion figurent : Quatre fascicules du *Journal des savants*, les *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, la *Chronique des Sociétés savantes*, les *Comptes-rendus de la Société française de numismatique et d'archéologie*, les *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, les *Bulletins de la Société archéologique de Touraine, de la Société polymathique du Morbihan, de la Société académique du Var ;* les *Mémoires des Sociétés des sciences naturelles de Brême et de Graz, de l'Académie des arts et des sciences de Boston, etc.*

M. le Trésorier s'étant désisté de ses fonctions, il dépose sur le bureau sa comptabilité et remet à M. le Président les fonds qu'il avait en caisse. Décharge lui est donnée par M. le Président.

M. Armand Parrot, l'un des délégués de la Société aux réunions des Sociétés savantes à la Sorbonne, rehd

compte des principaux travaux qu'il a pu apprécier. Il cite particulièrement une remarquable étude sur l'infortuné Louis, l'habile architecte du Grand Théâtre de Bordeaux, tracée avec une exquise délicatesse par M. Ch. Marionneau de Nantes. Il dit, en terminant, qu'un accueil sympathique a été fait à sa *Notice sur les richesses artistiques de Notre-Dame de Béhuard*, dont la Commission supérieure des richesses d'art de la France, a demandé l'insertion dans ses Mémoires.

M. le Président fait connaître que sur la liste des récompenses distribuées par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, figurent deux membres titulaires de la Société. M. Célestin Port a été nommé Officier de l'Instruction publique et M. Armand Parrot, Officier d'Académie.

La célèbre abbaye de Fontevrault est l'objet d'une communication de M. A. Parrot qui a recueilli dans un ancien Cartulaire, conservé à la Bibliothèque nationale, des documents historiques d'un sérieux intérêt. Ces documents relatifs au gouvernement des abbesses de la Maison royale de Bourbon, formeront le sujet d'un mémoire important que M. A. Parrot se propose de lire à la Société dans une prochaine séance.

M. A. Parrot présente comme membres titulaires :

1° M. Émile Queruau-Lamerie, Juge suppléant au Tribunal civil d'Angers ;

2° M. Valery Parrot, étudiant en droit.

Comme membres correspondants :

1° M. Ch. Marionneau, ancien Président de la Société archéologique de Nantes ;

2° M. Julien Travers, professeur honoraire à la Faculté

des lettres de Caen, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Caen ;

3° M. Émile Travers, ancien Conseiller de préfecture à Caen.

Ces candidatures sont accueillies avec une vive sympathie et les titres conférés à l'unanimité.

La séance est levée à dix heures.

Pour le Secrétaire général,

A. Parrot.

SÉANCE DU 27 JUIN 1878.

Présidence de M. Decharme.

M. le Secrétaire général lit le procès-verbal de la précédente séance.

Sur la proposition de M. Decharme, une somme de 10 francs est votée pour la souscription relative au monument à élever à M. Le Verrier.

M. Armand Parrot est nommé trésorier par intérim.

Sur la proposition de M. A. Parrot, sont nommés

Membre titulaire :

M. Demoget, architecte de la Ville d'Angers.

Membre correspondant :

M. R. Cubain, docteur en droit, ancien bâtonnier de l'ordre des avocats d'Angers.

M. Voisin donne lecture d'un fragment d'étude sur le merveilleux dans les fables et en particulier dans les fables de La Fontaine.

Reconnaissant dans toute fable trois éléments, indépendamment de la morale : 1° l'action ; 2° les personnages ; 3° les attributs ou caractères de l'espèce à laquelle appartiennent les personnages, M. Voisin a cherché à déterminer les différents degrés de merveilleux que comporte chacun de ces trois éléments et par suite les combinaisons possibles qui peuvent en résulter. Ces combinaisons permettent de classer les fables selon le degré de fiction ou de merveilleux en six catégories, la première se composant des fables dans lesquelles il n'y a aucune fiction, la sixième de celles où tout est fiction.

M. A. Parrot lit ensuite la préface d'un *Journal inédit concernant l'administration des abbesses de Fontevrault issues de la maison royale de France*, d'après un manuscrit de la Bibliothèque nationale. M. A. Parrot entre dans quelques explications sur l'intérêt historique et moral que présente le sujet, et fait remarquer qu'un certain nombre des abbesses en question ont été remarquables par l'intelligence et le caractère.

Le Secrétaire général,

J.-B. Voisin.

SÉANCE DU 25 JUILLET 1878.

Présidence de M. Decharme.

M. le Secrétaire général donne lecture du procès-verbal de la dernière séance.

M. A. Parrot présente une analyse des principaux ouvrages reçus pendant le mois ; il signale à l'attention ceux qui lui ont paru les plus intéressants.

M. le Président dépouille la correspondance.

Des remerciements sont adressés à la Société par MM. Julien et Émile Travers, de Caen, reçus membres correspondants à une précédente séance.

Sur la proposition de M. Armand Parrot, est nommé membre titulaire non résidant, M. Pierre Vidal, licencié en droit, attaché à la Bibliothèque nationale, à Paris.

M. A. Parrot continue la lecture de son mémoire sur l'abbaye de Fontevrault.

M. Decharme reprend la lecture de son étude sur la forme vibratoire des corps solides et des liquides ; il présente à la Société des photographies des réseaux.

Le séance est levée à neuf heures.

Pour le Secrétaire général,

A. Parrot.

SÉANCE DU 7 NOVEMBRE 1878.

Présidence de M. Ménière.

M. A. Parrot donne lecture du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

M. Decharme s'excuse par lettre de ne pouvoir assister à la réunion.

M. le Président annonce à la Société le départ de M. J.-B. Voisin, professeur au Lycée d'Angers et à l'École supérieure, nommé au Lycée de Montpellier ; il exprime combien la Compagnie s'associe à l'avancement de son Secrétaire général et regrette le vide que ce départ va causer.

M. A. Parrot est invité à remplir les fonctions de secrétaire.

M. Romain Cubain, nommé membre correspondant à l'avant dernière réunion, adresse ses remerciements.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Fizeau, membre de l'Académie des Sciences, président de la Commission pour l'érection de la statue de Le Verrier, par laquelle il remercie la Compagnie de la souscription qu'elle lui a adressée, pour participer à l'érection du monument élevé à la mémoire de ce grand savant, que la Société Académique comptait au nombre de ses membres honoraires [1].

[1] *Le Président du Comité à M. Parrot, trésorier de la Société Académique de Maine-et-Loire, à Angers,*

MONSIEUR LE TRÉSORIER,

J'ai communiqué au Comité Le Verrier la lettre par laquelle vous me faites l'honneur de m'informer de la part que veut bien prendre votre Compagnie à la souscription ouverte à Paris pour l'érection d'une statue à Le Verrier.

Le Comité me charge de vous offrir l'expression de sa vive reconnaissance. Je m'acquitte de ce devoir avec le plus grand empressement.

Veuillez agréer aussi, Monsieur le Trésorier, l'assurance de ma considération la plus distinguée,

H. FIZEAU.

M. le Président communique une lettre de M. le Président de l'Académie des sciences, lettres et arts de Modène (Italie), qui demande à établir des relations avec la Société et à échanger le bulletin de l'Académie contre nos Mémoires. Cette demande est accueillie avec empressement.

M. l'Archiviste appelle l'attention sur les nombreux ouvrages reçus pendant le mois.

Sur la proposition de M. Decharme, est nommé membre titulaire :

M. Paul Lehugeur, professeur d'histoire au Lycée d'Angers et à l'École supérieure.

Sur la proposition de M. Armand Parrot, sont reçus membres titulaires :

M. le Dr Mabille,

M. Paul Lebatteux.

Membres titulaires non résidants :

M. Gabriel Parrot, ingénieur des arts et manufactures,

M. Émile Cormeray, étudiant en droit.

Membre correspondant :

M. le baron de Wismes, président de la Société archéologique de Nantes.

Sous le titre de : *Le vase du sang des catacombes de Rome*, M. Armand Parrot fait connaître les nouvelles recherches auxquelles se sont livrés M. de Rossi et le R. P. Ganucci, pour savoir si les vases trouvés auprès des personnes inhumées dans les catacombes de Rome contenaient du sang, comme on l'a affirmé jusqu'à nos jours. Une étude chimique approfondie a fait reconnaître dans la plupart des vases, non pas du sang, mais du vin, et ces vases sur lesquels on s'est basé pour faire

des martyrs, se sont retrouvés dans des tombeaux juifs ou dans des tombeaux postérieurs aux persécutions. De l'ensemble de ces études, on est porté au doute sur un fait qui avait été pour les anciens une preuve irréfutable du genre de mort des personnages, dont on a fait des saints martyrs.

M. A. Parrot analyse la remarquable étude que M. Edmond Leblant a publiée sur ce sujet dans le *Journal des Savants* (fascicule de juin 1878), à propos des fouilles archéologiques opérées à Rome, avec un merveilleux instinct, par M. de Rossi et relatées dans le tome III de son bel ouvrage *Roma sotterranea Cristiana*.

Après cette communication, la séance est levée.

Pour le Secrétaire général,

A. Parrot.

SÉANCE DU 3 DÉCEMBRE 1878.

Présidence de M. Decharme.

M. A. Parrot donne lecture du procès-verbal de la séance précédente dont la rédaction est adoptée.

M. le Bibliothécaire présente l'analyse des ouvrages reçus pendant le mois de novembre ; il appelle spécialement l'attention sur l'ouvrage intitulé : *Notices sur quelques députés de la Mayenne pendant la Révolution*,

offert par notre hononrable collègue, M. Queruau-Lamerie.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Lecoy de la Marche par laquelle il demande, dans un but historique, des renseignements sur les relations et le culte de saint Martin en Anjou.

Comme témoignage de sympathie et de regrets pour son ancien Secrétaire général, la Société confère le titre de membre correspondant à M. J.-B. Voisin, appelé à la chaire de rhétorique au Lycée de Montpellier.

MM. Émile Cormeray et Gabriel Parrot, chargent M. Armand Parrot d'être leur interprète pour remercier la Compagnie des titres qu'elle leur a conférés.

Le 21 novembre dernier, une mosaïque gallo-romaine fut découverte sur la place du Ralliement; M. Demoget, architecte-ingénieur de la Ville, donne sur son caractère et sa nature de très intéressants renseignements. Ce précieux monument est appelé à occuper une place d'honneur dans le Musée d'antiquités.

Les formes vibratoires des plaques circulaires ont été pour M. Decharme l'objet d'expériences approfondies. Le savant professeur ajoute aujourd'hui à ses communications précédentes de nouvelles observations qu'il appuie de photographies.

Un édicule, d'une construction fort ancienne, a été mis à jour au mois de novembre dernier, à quelques pas de la mosaïque gallo-romaine, sur la place du Ralliement : par sa forme et sa situation au milieu du cimetière primitif d'Angers et près de l'église Saint-Pierre, ce petit monument semble se rattacher aux origines du culte catholique en Anjou.

M. Armand Parrot propose à la Société d'adresser un vœu au Conseil municipal pour conserver, au moins d'une façon temporaire, les ruines d'un édifice qui appartient à l'histoire d'Angers [1].

La Compagnie approuve la proposition de M. A. Parrot et le charge de transmettre à M. le Maire d'Angers le vœu qu'elle émet à ce sujet.

D'après le règlement, l'assemblée est appelée à constituer son bureau pour l'année 1879. Sont élus :

Président,	M. Decharme.
Directeur,	M. A. Parrot.
Secrétaire général,	M. Mabille.
Trésorier,	M. Ch. Ménière.
Archiviste,	M. Queruau-Lamerie.
Bibliothécaire,	M. P. Lebatteux.

M. Valery Parrot est invité à remplir les fonctions de secrétaire en l'absence de M. le Dr Mabille.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à dix heures.

Pour le Secrétaire général.

V. Parrot.

SÉANCE DU 3 JANVIER 1879.

Présidence de M. A. Parrot.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté sans observation.

M. le Bibliothécaire présente les volumes reçus pen-

[1] Voir à l'Appendice, la correspondance relative à ce sujet.

dant le mois ; il analyse dans un rapport aussi intéressant qu'exact les travaux qui lui ont paru les plus remarquables. Il appelle l'attention sur un ouvrage intitulé : *Le mouvement girondin dans les départements de la Mayenne et de Maine-et-Loire;* première partie : *Les Girondins dans la Mayenne*, offert par l'auteur, M. Queruau-Lamerie, archiviste de la Société.

La correspondance, toute relative aux échanges avec les autres Sociétés, n'offre aucune particularité qui mérite d'être consignée au procès-verbal.

M. A. Parrot présente comme membre titulaire non résidant :

M. Louis Fleury, étudiant en droit, à Paris.

La Société lui confère ce titre à l'unanimité.

M. le Directeur donne ensuite lecture de la lettre qu'il a adressée au nom de la Société Académique de Maine-et-Loire à M. le Maire d'Angers, pour demander la conservation, au moins temporaire, de l'édicule découvert récemment sur la place du Ralliement ; il annonce en même temps que la Société d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers se propose de faire parvenir une semblable demande à M. le Maire d'Angers, pour appuyer la proposition de la Société Académique.

M. Ch. Ménière lit une étude sur quelques locutions particulières à l'Anjou, travail qu'il est parvenu à rendre aussi intéressant que complet par les savantes recherches qu'il s'est appliqué à faire sur les étymologies, les origines et les transformations de ces locutions populaires, qu'il a retrouvées dans le langage pittoresque des campagnes et dans d'anciennes chartes angevines.

M. A. Parrot fait connaître le résultat des recherches

qu'il a faites sur le monument remarquable qui fut élevé dans la cathédrale d'Angers à l'évêque Eulgerius. Ce tombeau, qui existe encore, fut découvert en 1874, mais la châsse émaillée qui le recouvrait primitivement a beaucoup perdu de son ancienne splendeur : les émaux sont complètement disparus, mais ce qui subsiste encore de ce chef-d'œuvre constitue un précieux souvenir d'un art qui fut célèbre au moyen âge.

La séance est levée à dix heures.

Pour le Secrétaire général,

V. Parrot.

SÉANCE DU 3 FÉVRIER 1879.

Présidence de M. Decharme.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le Bibliothécaire présente les ouvrages et publications reçus pendant le mois.

M. le Directeur donne lecture d'une lettre qui lui a été adressée par M. le baron de Wismes, président de la Société archéologique de la Loire-Inférieure. Ce savant archéologue prie M. Parrot de transmettre à la Société ses remerciements pour le titre de membre correspondant qu'elle lui a décerné ; il se propose de collaborer autant qu'il le pourra aux travaux de la Compagnie.

Des remerciments analogues aux précédents sont adressés par M. Louis Fleury, qui, lui aussi, a chargé M. le Directeur d'être son interprète près de la Compagnie.

M. A. Parrot présente la candidature de M. Chastaingt, membre de la Société botanique de France, qui sollicite le titre de membre titulaire non résidant.

La Société lui confère ce titre à l'unanimité.

M. le Président communique une *Note sur une épaisse couche de glace diaphane produite par la pluie à Angers et dans ses environs les* 22 *et* 23 *janvier* 1879, et donne de très intéressants détails sur les observations qu'il a faites sur ce curieux phénomène.

M. le Directeur soumet à la Société un disque de schiste ardoisier recouvert de signes emblématiques, trouvé en 1870 dans les ruines de l'église Saint-Maurille. M. A. Parrot croit voir dans ce disque, qui devait être scellé contre une muraille, une des marques rappelant la consécration de cette église.

M. Decharme continue la lecture de son mémoire sur les plaques vibrantes, et il montre la correspondance qui existe entre les figures acoustiques de Schladni et les réseaux liquides produits sur les plateaux circulaires vibrants recouverts d'une mince couche d'eau. De longues et savantes recherches lui ont permis d'établir d'une façon complète cette correspondance.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée.

Pour le Secrétaire général,

V. Parrot.

SÉANCE DU 3 MARS 1879.

Présidence de M. Duchasse

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

En l'absence de M. le Bibliothécaire, M. A. Parrot présente les ouvrages reçus pendant le mois ; il appelle spécialement l'attention sur les *Mémoires de la Société de statistique des Deux-Sèvres*. dont le volume est entièrement consacré à l'intéressante publication des *Grands jours de Poitou*, et sur une *Notice sur Daon*, offerte par l'auteur, M. André Joubert.

La Société charge M. A. Parrot de transmettre ses remerciements au donateur.

M. G. Chastaingt, de Tours, nommé membre correspondant à la dernière réunion, adresse ses remerciements à la Compagnie par l'intermédiaire de M. Armand Parrot, et annonce en même temps l'intention qu'il a de prendre part à ses travaux dans la section de botanique.

M. le Directeur donne ensuite lecture de la réponse de M. le Maire d'Angers à la lettre qu'il lui a adressée au nom de la Société Académique pour lui demander la conservation des ruines découvertes sur la place du Ralliement ; il lit ensuite la partie du procès-verbal du Conseil municipal d'Angers, concernant les mêmes ruines dont la destruction est votée. M. A. Parrot rend compte des démarches qu'il fait auprès de M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts pour obtenir la

nomination de délégués chargés de juger en dernier ressort la valeur historique de ces monuments.

M. Demoget répond à la communication de M. A. Parrot; il conclut à la non viabilité de ces monuments.

Une discussion aussi intéressante que courtoise s'élève entre ces deux honorables membres au sujet de l'âge, du caractère et de la destination du petit édicule oblong et de l'octogone découverts près des murs de l'église Saint-Maurille. Jusqu'ici on ne peut faire que des conjectures, une étude plus approfondie donnera probablement la solution de cette énigme archéologique.

M. le Président communique une lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts invitant la Compagnie à prendre part à la dix-septième réunion des délégués des Sociétés savantes à la Sorbonne. Sont désignés pour représenter la Société :

MM. Decharme, *Président.*
Armand Parrot, *Directeur.*
Paul Lehugeur, *Membre.*
Valery Parrot, *Secrétaire.*

M. le Directeur présente la candidature de M. Léon Palustre, directeur de la Société française d'archéologie, comme membre titulaire non résidant.

Ce titre lui est conféré à l'unanimité.

M. Decharme réalise devant la Société diverses expériences sur la division spontanée des cordes vibrantes en plusieurs fuseaux très apparents. Il montre une variété de l'expérience de Melde qui consiste à produire cette division au moyen de plateaux vibrants (ou de tiges diapasons). Pour cela, il fixe au moyen de cire

molle sous la plaque le fil de coton (de soie ou de métal) et y suspend un poids de cette même cire qu'il fait varier jusqu'à ce qu'il ait obtenu la production d'un fuseau unique bien accusé, puis il fait glisser cette cire le long du fil et en diminue le poids pour obtenir la division en deux, trois, quatre fuseaux bien distincts. A l'aide de ce procédé, qui remplace en les simplifiant les appareils coûteux de construction (appareil à trembleur électrique), il peut vérifier toutes les lois des vibrations des cordes.

Chargé par l'Académie de lui rendre compte du savant ouvrage dont M. le Dr de Smyttère lui a fait hommage et qui a pour titre : *Essai historique sur Iolande de Flandre, comtesse de Bar, dame de Cassel*, etc. [1], M. Armand Parrot fait un rapport minutieux de l'intéressante étude à laquelle s'est livré le biographe de la belle et altière Iolande, épouse du comte Henri IV de Bar, puis de Philippe de Longueville, qui, à diverses périodes de son existence, dota de sages institutions les villes soumises à son autorité, et eut beaucoup à souffrir de son fils, le duc Robert de Bar. Cette princesse, qui joua un rôle important dans les guerres de religion, en Flandre, au XIVe siècle, est restée une des grandes figures de ce pays.

M. Armand Parrot présente à la Société un médaillon en plomb, découvert par lui dans les décombres d'une maison de la rue Lenepveu [2], ce médaillon très curieux

[1] Lille, Lefebvre-Ducrocq, 1847, in-8°, avec 14 pl.

[2] Cette maison, située à l'angle des rues Saint-Georges et Milton, était celle dans laquelle est né le célèbre peintre angevin, M. Jules Lenepveu, membre de l'Institut.

reproduit les traits de Charlotte de Bourbon, qui fut abbesse de Jouarre et qui, fatiguée d'un régime et d'une doctrine contraires aux principes que lui avait donnés sa mère, profita de la prise de l'abbaye de Jouarre par les Huguenots pour s'enfuir et passer en Allemagne, où elle se fit protestante. Elle se réfugia à Heidelberg, près de Louis de Bavière, qui l'accueillit et la traita comme son enfant. Quelques années plus tard, elle épousa Guillaume de Nassau (*le Taciturne*), prince d'Orange. Cet intéressant médaillon porte la date de 1576.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée.

Pour le secrétaire général,

V. Parrot.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1879.

Présidence de M. Decharme.

M. Valery Parrot donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

Les ouvrages reçus pendant le mois sont exposés sur le bureau.

En l'absence de M. le Bibliothécaire, M. Armand Parrot présente une analyse succincte des travaux qui lui ont paru les plus dignes de remarque. Il attire spécialement l'attention sur les superbes planches poly-

chromes reproduisant divers objets des époques gauloise, romaine et franque, recueillis dans les fouilles d'Arcy Sainte-Restitue (Aisne), qui font suite à l'*Album des fouilles de Caranda*, dont l'auteur, M. Frédéric Moreau, fait hommage à la Société.

M. A. Parrot est chargé de transmettre à M. Frédéric Moreau les remerciements de la Compagnie et de l'informer qu'elle lui a décerné le titre de membre correspondant.

M. Léon Palustre, directeur de la Société française d'archéologie, adresse à la Compagnie, par l'intermédiaire de M. Armand Parrot, ses remerciments pour le titre qu'elle lui a conféré.

M. le Président fait part à l'assemblée du décès de M. François Besnard, manufacturier, l'un des membres fondateurs de la Société académique.

La Compagnie s'associe aux regrets unanimes que la perte de ce grand industriel a fait éprouver à tous ceux qui l'ont connu.

M. le Président dépouille ensuite la correspondance. Il donne lecture d'une lettre de M. Paul Lebatteux qui envoie sa démission de bibliothécaire et de membre titulaire, et prie la Société de vouloir bien lui accorder le titre de membre titulaire non résidant.

La Société regrette que le départ pour Paris de cet honorable collègue la prive d'un de ses membres assidus et lui confère à l'unanimité le titre qu'il sollicite.

M. Barassé est invité à se charger des fonctions de bibliothécaire jusqu'au renouvellement du bureau.

M. le Directeur des études à l'École polytechnique informe la Société qu'elle a été désignée pour recevoir à

l'avenir, en échange de ses publications, le *Journal de l'École polytechnique*. Il lui fait savoir, en outre, qu'il lui adresse, par l'intermédiaire du Ministère, la collection du journal depuis sa fondation.

La Compagnie, toujours désireuse d'étendre ses relations avec les corps savants, accueille favorablement cette demande et vote l'envoi de la collection complète de ses Mémoires à cette savante institution.

M. Armand Parrot rend compte de la mission de M. du Sommerard, délégué de M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts à Angers, relativement à la conservation de l'édicule de la place du Ralliement. Malgré le désir du savant archéologue de conserver à Angers et à l'Anjou des ruines qui intéressent sérieusement son histoire, la Commission des monuments historiques n'a pas cru devoir classer l'*hypocauste* en présence de l'opposition de la Municipalité qui désirait sa destruction.

M. Armand Parrot fait part à la Société que, si des travaux de voirie et de nivellement, et d'autres considérations ont rendu impossible la conservation sur place de l'édicule, un marché passé avec l'entrepreneur des travaux de la Ville permettra de sauver ces précieuses ruines, qui seront transportées au musée d'antiquités, où une place d'honneur leur est réservée.

M. Armand Parrot présente M. du Sommerard, directeur des Thermes et du musée de Cluny, comme membre honoraire.

La Société lui décerne ce titre à l'unanimité.

M. Decharme fait connaître à la Société un nouveau mode d'inscription durable des vibrations des cor

sonores et en général des corps élastiques. Le procédé a pour base un principe analogue à celui du phonographe, c'est-à-dire que le corps vibrant est armé d'une pointe mousse qui frappe perpendiculairement un papier d'étain situé à portée convenable et mis en mouvement uniforme de rotation et de transmission au moyen d'un régulateur. Le style trace des points équidistants dont le nombre est évidemment égal à celui des vibrations du corps soumis à l'expérience. Pour rendre le mouvement durable et susceptible d'être mesuré avec exactitude, M. Decharme propose de l'entretenir électriquement au moyen d'un trembleur analogue à celui des sonneries électriques et dont il donne la description. Par cette disposition et d'autre part avec un diapason type, muni d'un style dont le tracé servira de terme de comparaison, on a un ensemble qui permet d'étudier l'état vibratoire des différents points d'un plateau ou d'un corps vibrant quelconque, et par suite de déterminer expérimentalement la forme qu'affectent les diverses parties durant leur mouvement d'oscillation plus ou moins rapide.

M. Decharme montre les tracés qu'il a obtenu sur des feuilles d'étain plus ou moins minces et sur des papiers spongieux, par le mouvement vibratoire d'un plateau circulaire sur lequel était fixée une pointe mousse qui inscrivait les vibrations.

M. Ménière présente à la Société une pièce très curieuse pour l'histoire locale, c'est le *Rôle des charités et aumônes de la paroisse de Saint-Maurille d'Angers, pour la nourriture et entretien des pauvres renfermés de la ville en* 1621. Cette quête, commencée le 1^er^ octobre 1621 et finie le dernier jour de mars 1622, avait fourni

une somme de 386 livres, 7 sols, 6 deniers, versée par Avril et Daburon, qui avaient été chargés de faire la collecte pour cette année, « entre les mains de Jubin, « trésorier de l'hôpital, à partir du jour de la Toussaint, « en présence de M. le Maire et les échevins, le lieute- « nant général en la sénéchaussée, MM. du siège officiel « de la justice, les membres délégués du clergé et les « habitants de la ville réunis pour procéder à l'audition, « examen et clôture de la recette offerte par toutes les « paroisses de la ville d'Angers. » Cette pièce importante sur laquelle on voit figurer des avocats, des employés de la *Provosté*, des apothicaires, des greffiers, des chirurgiens, des praticiens et bon nombre de noms nobles ou autres, dont les familles existent encore aujourd'hui, permet de fixer exactement les limites de la paroisse Saint-Maurille à cette époque.

M. Valery Parrot commence la lecture d'un travail de M. Émile Cormeray sur l'*Architecture religieuse dans l'Inde.*

Cette première partie du Mémoire comprend les préliminaires, l'étude des monuments qui appartiennent à la première période de l'art indien, *période de l'enfance*, qui est représentée par des monuments grandioses, taillés dans le roc.

La lecture de ce travail provoque une très-intéressante discussion entre M. Lehugeur et M. Demoget, sur le développement de l'art architectural et ses rapports avec la civilisation.

Pour le secrétaire général,

V. Parrot.

[illegible]

M. Decharme [illegible]

[illegible]

M. Decharme montre les traces [illegible] plus ou moins [illegible] par le mouvement [illegible] sur lequel était [illegible] les vibrations.

M. [illegible] présente à la Société [illegible] locale : c'est le R[illegible] Saint-Vaast [illegible] les pauvres [illegible] Cette quête, commençait [illegible] le dernier jour de [illegible]

somme de 386 livres, 7 sols, 6 deniers, versée par et Daburon, qui avaient été chargés de faire la te pour cette année, « entre les mains de Jubin, sorier de l'hôpital, à partir du jour de la Toussaint, présence de M. le Maire et les échevins, le lieute-nt général en la sénéchaussée, MM. du siège officiel la justice, les membres délégués du clergé et les bitants de la ville réunis pour procéder à l'audition, amen et clôture de la recette offerte par toutes les roisses de la ville d'Angers. » Cette pièce impor-e sur laquelle on voit figurer des avocats, des loyés de la *Prévôté*, des apothicaires, des greffiers, chirurgiens, des praticiens et bon nombre de noms les ou autres, dont les familles existent encore urd'hui, permet de fixer exactement les limites de aroisse Saint-Maurille à cette époque.

M. Valery Parrot commence la lecture d'un travail de Émile Cormeray sur l'*Architecture religieuse dans ide*.

Cette première partie du Mémoire comprend les pré-inaires, l'étude des monuments qui appartiennent à première période de l'art indien, *période de l'en-nce*, qui est représentée par des monuments gran-oses, taillés dans le roc.

La lecture de ce travail provoque une très-intéressante iscussion entre M. Lénugeur et M. D[illegible], sur le éveloppement de l'art [illegible] et ses rapports avec civilisation.

[illegible]éral,

[illegible]ot.

SÉANCE DU 5 MAI 1879.

Présidence de M. Dechaene.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Les ouvrages reçus pendant le mois sont exposés sur le bureau.

En l'absence de M. le Bibliothécaire, M. le Directeur donne une analyse sommaire des travaux qui lui ont paru les plus importants; il signale spécialement à l'attention de la Société les *Bulletins de l'Académie royale de Belgique* (2e série, t. XLI, XLII, XLIII, XLV), et les *Mémoires de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille* (4e série, t. V), la collection du *Journal de l'École polytechnique*.

M. le Président dépouille la correspondance qui émane du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, et des Sociétés savantes. Parmi celles-ci, il appelle l'attention sur la nouvelle Société de Géographie de l'Est, dont le siège est à Nancy, qui sollicite l'échange de nos Mémoires contre son Bulletin.

La Compagnie consultée, accepte la proposition d'échange et décide que la collection de ses Mémoires sera adressée, en témoignage de sympathie, à la Société de Géographie de l'Est, dont notre honorable collègue, M. Debidour, est président.

M. Armand Parrot communique à la Société une lettre de M. du Sommerard, directeur des Thermes et

du musée de Cluny, qui le prie de transmettre à la Compagnie ses remerciements pour le titre de membre honoraire qu'elle lui a décerné.

M. Armand Parrot présente comme membres correspondants :

M. de Villefosse, conservateur des antiques au musée du Louvre, et M. Gaston Le Breton, conservateur du musée céramique de Rouen.

La Société leur confère ce titre à l'unanimité.

M. le Président fait part à l'assemblée que les deux délégués de la Compagnie, MM. Paul Lehugeur et Armand Parrot, qui devaient se faire entendre à la Sorbonne, y ont traité les sujets auxquels la Société avait donné son approbation.

M. Armand Parrot a également parlé devant le savant auditoire des découvertes archéologiques, faites en novembre 1878, sur la place du Ralliement à Angers : découvertes qui ont servi de thème à un intéressant Mémoire de M. Godard-Faultrier, dont notre honorable collègue, M. du Sommerard, a donné lecture en l'absence de l'auteur [1].

M. Valery Parrot termine la lecture du Mémoire de M. Émile Cormeray. Cette dernière partie du travail qui comprend l'étude des deux dernières époques de l'art indien et de l'influence arabe sur cet art, intéresse vivement l'assemblée qui s'associe aux regrets exprimés par l'auteur de voir les monuments élevés par cette race aujourd'hui déchue, livrés comme à plaisir à l'abandon

[1] Sur les communications de MM. Parrot et Lehugeur à la Sorbonne, voir le *Journal officiel de la République française*, des 17 et 19 avril 1879, p. 3334, 3335, 3386 et 3387.

le plus complet et à la dévastation, depuis l'occupation de l'Inde par les Anglais.

M. Queruau-Lamerie communique une *Notice sur le chevalier Jean-François de Hercé, député du Maine à l'Assemblée nationale de* 1789. M. Queruau-Lamerie s'est attaché à rechercher et à signaler les moindres détails de la vie de ce représentant influent de la noblesse du Maine aux États-généraux, qui disparut de la représentation nationale avec l'Assemblée constituante, émigra et n'occupa plus dès lors que des fonctions un peu effacées.

M. le Président remercie M. Queruau-Lamerie de cette communication qui a nécessité de sa part les recherches les plus sérieuses et les plus attentives, recherches rendues souvent difficiles par l'absence de documents et la vie errante du chevalier de Hercé après son émigration.

M. Decharme rend compte à la Société d'une visite qu'il a faite récemment à l'une des carrières les plus profondes d'Angers, où la Compagnie des Ardoisières a établi un système d'éclairage électrique. M. Decharme rappelle d'abord l'essai tenté dans cette voie en 1863 et explique les causes qui ont empêché d'y donner suite. Puis il donne des détails fort intéressants sur la disposition des appareils, sur la vitesse de rotation des machines, ainsi que sur les charbons employés dans les régulateurs électriques. Il fait remarquer en terminant que cette expérience réalisée à Angers avec deux machines de Gramme, est, par la longue durée et la continuité (les machines n'ayant cessé de fonctionner nuit et jour, depuis plus de quatre mois), la plus intéressante et la

plus concluante qu'on ait faite jusqu'à ce jour avec cet appareil.

M. Lehugeur commence la lecture d'un travail sur les *Revenus du duché de Nevers*, travail dont il a puisé les matériaux dans les titres conservés aux archives de Nevers. Dans la première partie de ce Mémoire, M. Lehugeur fait connaître l'état du duché et montre la position relativement indépendante dans laquelle s'étaient maintenus ses ducs, les privilèges qu'ils avaient conservés en dépit des empiètements du pouvoir royal et de ses efforts pour anéantir tous les privilèges féodaux.

La société entend avec le plus vif intérêt la lecture de ce Mémoire.

Pour le secrétaire général,

V. Parrot.

SÉANCE DU 9 JUIN 1879.

Présidence de M. Decharme.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Les ouvrages reçus pendant le mois sont exposés sur le bureau. M. le Directeur en fait une analyse succincte et signale ceux qui lui ont paru devoir intéresser plus spécialement les membres de la Société.

La correspondance, toute relative aux échanges avec les sociétés savantes, n'offre rien qui mérite d'être consigné au procès-verbal.

M. Quantin, éditeur du splendide ouvrage de notre honorable collègue, M. Léon Palustre, ayant pour titre : *La Renaissance en France*, demande à intercaler dans nos Mémoires le *Prospectus* de cette publication et à recevoir au siège de la Société les souscriptions qu'on voudra bien y adresser. La Compagnie accueille favorablement la demande qui lui est faite.

Sur la proposition de M. Armand Parrot est nommé membre correspondant :

M. J.-V. Barbier, secrétaire général de la Société de Géographie de l'Est, à Nancy.

M. Lehugeur achève la lecture de son mémoire sur les *Revenus du duché de Nevers*. Ce travail rempli de détails curieux sur l'administration du duché et la perception des impôts, produits des baux et autres droits fiscaux, est écouté avec le plus vif intérêt.

M. Armand Parrot rend compte à la Société de l'état des travaux entrepris au musée Saint-Jean pour la réédification de l'édicule découvert sur la place du Ralliement. M. Armand Parrot est heureux d'apprendre à la Compagnie que la restauration de ce précieux monument, en bonne voie d'exécution, sera terminée vers la fin du mois de juillet et que cette relique du passé, dont la conservation est due à l'initiative de la Société Académique, figurera avec honneur au milieu des richesses archéologiques recueillies au musée d'antiquités.

M. Decharme fait connaître à la Société un mode par-

ticulier et purement mécanique de transmission de sons à petite distance.

On met en rapport avec un plateau de 0m,40 de diamètre une feuille d'étain ou de clinquant par l'intermédiaire d'un fil métallique de quatre, six, dix mètres de longueur, non tendu, linéaire ou mieux roulé en hélice et suspendu à des rondelles étroites de caoutchouc ; ce fil est fixé à l'aide de cire molle d'une part, perpendiculairement au bord du plateau, et de l'autre au centre de la feuille de clinquant.

Lorsqu'on excite le plateau avec l'archet pour lui faire rendre successivement différents sons, les vibrations se communiquent au fil, puis à la feuille mince qui fait entendre alors des sons de même hauteur que ceux du plateau et avec une intensité qui égale souvent celle de son générateur. Les sons graves sont rendus stridents et peuvent durer quatre ou cinq secondes.

Des expériences faites avec un diapason et un alto ont donné des résultats analogues.

M. Decharme conclut que la feuille de clinquant par sa grande sensibilité peut être avantageusement employée en acoustique, en téléphonie et microphonie.

M. Armand Parrot, qui s'est livré depuis de longues années à des études sérieuses sur les anciennes abbayes de Saint-Florent, en Anjou, détache de ses notes quelques feuillets qui ont trait à l'*Histoire du trésor de l'abbaye royale de Saint-Florent de Saumur*. Avant d'énumérer les richesses d'orfèvrerie renfermées dans le *sacrarium* du célèbre moutier, il s'attache à donner la description de l'église abbatiale à laquelle les pièces artistiques du trésor servaient d'ornement. Après avoir

décrit la disposition architecturale du monument, ses multiples chapelles, les beautés de son sanctuaire, il s'arrête dans le *diaconicum*, aux portes du sacraire, remettant à la prochaine réunion la description des objets qu'il renfermait.

La séance est levée à dix heures.

Pour le secrétaire général,

V. Parrot.

SÉANCE DU 7 JUILLET 1879.

Présidence de M. Decharme.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Les ouvrages reçus pendant le mois sont exposés sur le bureau.

En l'absence de M. le Bibliothécaire, M. le Directeur présente une analyse des travaux les plus importants.

La Société examine un Mémoire qui lui a été envoyé par M. Giffard d'Angers. Ce Mémoire est relatif au déplacement de la poudrière actuellement située dans le château d'Angers. M. Giffard s'inquiète avec raison du danger qu'offre ce dépôt de matières éminemment dangereuses pour le quartier Saint-Laud et la Cité en particulier, et même pour toute la ville en général. Cette question que nos conseils généraux et municipaux ont

toujours étudiée avec le plus grand soin et sur laquelle ils ont depuis longtemps présenté des vœux inutiles intéresse vivement la Société qui s'associe à la demande de M. Giffard et charge les membres du bureau d'appuyer la pétition signée dans ce but et de témoigner ainsi du désir qu'à la Compagnie de voir prendre en considération par l'administration supérieure le vœu des pétitionnaires [1].

L'*Histoire du trésor de l'abbaye royale de Saint-Florent de Saumur* a été, à la précédente séance, le sujet d'une intéressante communication de M. Armand Parrot, qui la termine aujourd'hui par l'examen en détail du *sacrarium*, dont il décrit toutes les richesses à l'aide de l'inventaire dressé en 1508, par ordre du cardinal de Tournon, abbé commendataire du monastère saumurois. Après avoir énuméré tous les reliquaires, vases sacrés et objets du culte, qui étaient pour la plupart des œuvres remarquables, sorties des mains des plus habiles orfèvres angevins ou tourageaux, M. Parrot quitte le *sacrarium* et appelle de nouveau l'attention sur le grand autel de l'église abbatiale, dont l'*antependium* ou devant d'autel et le *retable* étaient en vermeil, enrichis de figures repoussées en bosse. Au-dessus de cet autel reposait une magnifique châsse également en vermeil, souvenir de la munificence du roi Louis XI, en l'honneur de saint Florent dont elle renfermait les reliques. M. A. Parrot décrit minutieusement le chef-d'œuvre de l'habile orfèvre angevin, Gervais Pelier;

[1] Voir à l'APPENDICE la lettre des membres du bureau à M. le Maire d'Angers.

puis il mentionne le reliquaire qui contenait le *chef* du saint patron du monastère, reliquaire dû à la générosité du même bienfaiteur que la châsse précitée. Toutes ces merveilles de l'art ont disparu, M. A. Parrot se propose de faire connaître, plus tard, les vicissitudes qu'elles ont éprouvées.

M. Decharme, après avoir rappelé les différentes phases de la question générale des *formes vibratoires des corps solides et des liquides* dont il a entrepris l'étude, après avoir résumé les principaux faits acquis jusqu'à présent, montre ce qui reste encore à faire pour compléter ce travail de longue haleine.

M. Decharme passe ensuite à la question portée à l'ordre du jour (*formes vibratoires des sphères liquides*), question à laquelle il a été amené par des expériences qu'il avait précédemment faites sur des bulles de liquide glycérique.

Ces bulles sont d'une grande sensibilité sous le rapport de la disposition à vibrer sous diverses influences, et prennent des formes différentes suivant leur volume et selon la vitesse des vibrations du corps qui les excite. Le mode d'excitation pouvant lui-même varier beaucoup.

Dans les conditions convenables, quand le mouvement rythmé qu'on donne à la bulle correspond à son mode de division en parties symétriques, ses formes s'accentuent et s'exagèrent même beaucoup.

M. Decharme montre les figures correspondantes à diverses expériences.

On y distingue parfaitement des nœuds de vibrations comme sur les bords dans l'expérience de Melde.

Voulant réaliser sur les volumes le phénomène que Melde a appliqué seulement aux cordes, M. Decharme a rempli d'eau de petits ballons de caoutchouc sous la pression de $0^m,90$ de hauteur du liquide. Les sphères pleines se comportent comme les sphères creuses, soit sur le plateau vibrant, soit dans les diverses conditions où il a fallu les placer pour les mettre en vibration suffisamment énergiques. Elles ont montré des nœuds bien prononcés. L'expérience primitive de Melde se trouve donc maintenant non seulement simplifiée, mais étendue aux surfaces et aux volumes.

La séance est levée à dix heures.

Pour le secrétaire général,

V. Parrot.

SÉANCE DU 3 NOVEMBRE 1879.

Présidence de M. Decharme.

M. Valery Parrot doune lecture du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté sans observation.

Les ouvrages reçus pendant le mois sont exposés sur le bureau. M. Armand Parrot analyse sommairement les travaux qui lui ont paru les plus importants; les envois très considérables de Sociétés correspondantes

de France et de l'étranger témoignent de l'extension que prennent chaque année les relations de la Compagnie avec les corps savants.

M. le Président dépouille la correspondance.

M. Quantin, éditeur à Paris, vient de fonder une revue intitulée *le Livre*. Il se propose dans cette revue de rendre compte des travaux des membres des Sociétés savantes de province, et demande à la Société de vouloir bien lui communiquer les procès-verbaux de ses séances.

La Société décide que les procès-verbaux seront envoyés chaque mois à M. Quantin.

M. le Directeur fait part à la Société de la mort de MM. Victor Laroche et Aristide Ollivier, décédés pendant les vacances. La Compagnie s'associe aux témoignages de regrets donnés à ces deux honorables membres, par M. A. Parrot.

Sur la proposition de M. Ménière, est nommé membre titulaire non résidant :

M. Davy, ingénieur aux mines de fer de Segré.

M. Armand Parrot annonce à la Société que l'hypocauste de la place du Ralliement est complètement réédifié au Musée Saint-Jean, et que ce travail mené à bonne fin fera honneur aux Sociétés savantes qui ont lutté pour sauver ce précieux monument.

M. Ch. Ménière communique de très-curieux documents sur la *Confrérie de Saint-Jacques de Compostelle à Angers*. Ces pièces, très précieuses pour l'histoire locale, concernent les dissensions qui éclatèrent dans la confrérie lors de la nomination du spirituel et caustique Claude Robin, comme directeur, ses difficultés

avec les membres de l'Association, enfin la dissolution de la confrérie.

M. Decharme donne la description d'un *interrupteur électrique* destiné à entretenir le mouvement vibratoire des corps élastiques et en particulier des plateaux de verre.

Pour motiver l'emploi de cet appareil, M. Decharme rappelle d'abord ses précédentes recherches relatives aux réseaux liquides produits sur les plaques vibrantes.

Cette étude était terminée en ce qui concerne les plaques circulaires, il en a trouvé les lois. Il reste à faire un travail analogue sur les plaques carrées, rectangulaires, etc. Ici les difficultés deviennent plus grandes, principalement en raison de la très-courte durée des réseaux lorsqu'ils correspondent à des sons un peu élevés. Or, c'est d'après le nombre et la position de ces réseaux que l'on peut formuler les lois de vibration des plateaux élastiques.

Dans le mode d'expérimentation suivi jusqu'à présent, c'est au moyen de coups d'archet, qu'on fait vibrer un plateau, mais alors les réseaux sont très-fugitifs (ne durent qu'une fraction de seconde) et deviennent très-difficiles, non-seulement à observer dans leur mode d'évolution, mais même à compter quand leur nombre dépasse 16 ou 20.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Decharme a imaginé un appareil qui peut réaliser la continuité du phénomène observé : c'est un interrupteur qui a de l'analogie avec ceux qu'on emploie depuis quelque temps pour entretenir électriquement le mouvement vibratoire des diapasons.

Cet appareil se compose essentiellement d'un petit électro-aimant (de 0m,07 de hauteur) en regard duquel on colle, sur la plaque de verre, une petite palette en fer doux, munie d'un appendice pour établir ou interrompre la communication électrique. On met la plaque en vibration avec l'archet ; celle-ci, dans son mouvement oscillatoire, s'élève ou s'abaisse alternativement et détermine ainsi le passage ou la rupture d'un courant électrique (fourni par un ou deux éléments Léclanchi) qui doit animer l'électro-aimant ou le laisser inactif.

Si la distance entre l'aimant et la palette est convenablement choisie (distance qui doit nécessairement varier avec l'amplitude de vibration des plateaux) le mouvement doit se continuer de lui-même.

M. Armand Parrot présente à la Société une *Note sur la marque des monnaies frappées à Paris pendant la Commune*. Ces pièces, dont le nombre a été très-petit, sont excessivement rares, elles portent comme point secret un *trident* au lieu d'une *abeille*.

La séance est levée à neuf heures et demie.

Pour le Secrétaire général,

V. Parrot.

SÉANCE DU 1er DÉCEMBRE 1879.

Présidence de M. A. Parrot.

M. Valery Parrot lit le procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

En l'absence du bibliothécaire, M. Armand Parrot présente les ouvrages reçus pendant le mois. Il fait remarquer que de nombreuses Sociétés étrangères ont envoyé leurs travaux qu'elles demandent à échanger contre ceux de la Compagnie.

M. le Président dépouille la correspondance qui est toute relative aux échanges de publications avec les autres Sociétés.

M. Ch. Ménière donne lecture d'une note de M. Davy au sujet de l'*Eopteris Crieri*. Le 3 septembre 1877, M. G. de Saporta, membre correspondant de l'Institut, annonçait à l'Académie la découverte d'une plante terrestre dans notre terrain Silurien (Angers), une *fougère,* disait-il, appartenant au groupe des *Neuroptéridées*, et rappelant certaines plantes du terrain dévonien.

Le 18 novembre 1878, M. de Saporta envoyait à l'Académie des Sciences la description d'une nouvelle plante terrestre silurienne trouvée par M. Criée, professeur de botanique à Rennes. Selon cet auteur, cette plante appartiendrait au genre d'*Eopteris* qu'il nomma

Eopteris Morieri, en l'honneur de M. Morière, professeur de la Faculté de Caen.

M. de Saporta publia en 1878 un livre intitulé *Le Monde des Plantes avant l'apparition de l'homme;* dans cet ouvrage il dit (page 166) que cette plante a été découverte par M. Morière. Plusieurs échantillons ont été envoyés à des savants et aucun d'eux n'a voulu se prononcer, plusieurs même n'osent pas les considérer d'une façon absolue comme des vestiges de fossiles ou de débris organiques. M. Davy a étudié avec le plus grand soin cette question et son travail dont M. Ch. Ménière donne lecture, sera imprimé dans les *Mémoires* de la Société.

M. Armand Parrot communique à la Société une lettre inédite du célèbre peintre d'histoire Pierre Guérin, directeur de l'Académie de France à Rome, adressée à M. Bodinier père. M. Guérin était le professeur de Guillaume Bodinier et dans cette lettre où il exprime de la façon la plus gracieuse la sympathie qu'il éprouvait pour son élève, il donne à M. Bodinier père des renseignements sur les études de son fils et lui rend compte de ses progrès.

M. Ménière, dans un rapport très-lucide, expose la situation financière de la Compagnie, qui se maintient dans une bonne voie de prospérité. Conformément au règlement, M. le Président nomme une Commission de trois membres chargée d'examiner le compte de M. le Trésorier; il désigne MM. Barassé, Quéruau-Lamerie et Lehugeur.

La Société procède ensuite au renouvellement du Bureau pour l'année 1880.

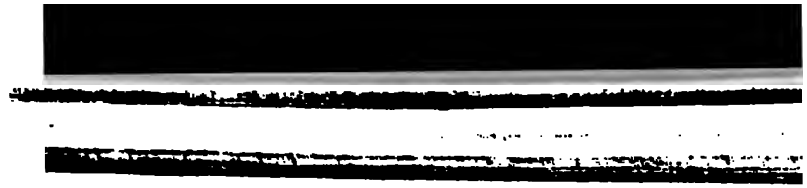
Sont élus :

Président,	MM. Armand Parrot.
Directeur,	Constantin Decharme.
Archiviste,	Émile Quéruau-Lamerie.
Trésorier,	Charles Ménière.
Secrétaire général,	Paul Lehugeur.
Secrétaire-bibliothécaire,	Valery Parrot.

La séance est levée à neuf heures et demie.

Pour le Secrétaire général,

V. Parrot.



APPENDICE AUX PROCÈS-VERBAUX

DOCUMENTS

RELATIFS AUX

DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES

FAITES EN NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1877

SUR LA

PLACE DU RALLIEMENT

A ANGERS

La correspondance qui suit fut échangée entre la Société académique de Maine-et-Loire, M. le Maire de la ville d'Angers et M. le Ministre de l'Instruction publique, au sujet de la conservation des édicules, principalement du *bain liturgique*, découverts sur l'emplacement du cimetière primitif des chrétiens d'Angers.

Société Académique de Maine-et-Loire.

A MONSIEUR LE MAIRE DE LA VILLE D'ANGERS.

Angers, le 14 décembre 1878.

Monsieur le Maire,

J'ai l'honneur de vous adresser, au nom de mes honorables collègues de la Société académique de Maine-et-Loire, le vœu

qu'ils ont émis, dans leur réunion, au sujet de l'édicule découvert place du Ralliement, près de la mosaïque Gallo-Romaine.

Ce vœu consiste à entourer provisoirement d'une palissade les ruines du petit édifice pour en faciliter l'étude et assurer au besoin sa conservation.

En appelant votre sollicitude sur ce monument, la Société n'a pas la prétention, Monsieur le Maire, de vous faire apprécier son importance, étant vous-même trop bon juge sur ce sujet, mais uniquement de vous prier de prendre des mesures conservatrices en faveur des derniers vestiges d'un édifice qui est un curieux et inédit feuillet de l'histoire d'Angers.

Vous savez mieux que moi, Monsieur le Maire, qu'à notre époque, ce n'est plus comme autrefois avec des légendes qu'on reconstitue le passé, mais à l'aide de l'archéologie, de la numismatique, de la sigillographie, de la paléographie, en un mot, de tous les documents qui sont les témoins véridiques des siècles écoulés.

L'édicule de la place du Ralliement appartient, par sa construction et le lieu où il fut érigé, aux monuments que l'histoire revendique. Car, placé isolément dans le Cæmeterium christianorum *des Andecaves, à une très faible distance de leur église primordiale, il semble se rattacher à l'origine du christianisme à Angers et aux traditions des premiers chrétiens qui plaçaient dans le voisinage de leur cathédrale le baptistère où, deux fois l'an, l'évêque administrait aux néophytes le baptême par immersion.*

Dans le cas où cette hypothèse deviendrait une réalité, la discussion qui subsiste depuis deux siècles concernant le lieu où fut la première cathédrale d'Angers, se trouverait résolue

d'une manière irrévocable. A cet avantage historique se joindrait pour l'archéologie l'existence d'un rarissime monument, car on ne compte actuellement en France que trois baptistères qui remontent aux premiers siècles du christianisme.

En suivant un autre ordre d'idées, c'est-à-dire en donnant aux ruines de l'édicule de la place du Ralliement une origine purement civile et privée, ces ruines n'en seraient pas moins précieuses, car les constructions du bas empire et de l'époque mérovingienne sont devenues excessivement rares et celles-ci semblent ne pas avoir de similaires.

Après cet exposé, j'ose espérer, Monsieur le Maire, que vous accueillerez bienveillamment la demande de la Société académique de Maine-et-Loire et que vous chargerez l'habile architecte-ingénieur de la Ville d'assurer la conservation d'un monument, qui atteste une fois de plus que l'origine et la civilisation d'Angers ne datent pas d'aujourd'hui.

Veuillez agréer, Monsieur le Maire, avec l'assurance de mon profond respect, l'hommage de mes sentiments les plus distingués.

Le Directeur-Administrateur,

A. Parrot.

Mairie de la Ville d'Angers.

Angers, le 17 février 1879.

Monsieur le Directeur,

Dans votre lettre en date du 14 décembre dernier, vous m'avez fait l'honneur de me transmettre le vœu émis par la

Société académique tendant à obt
l'édicule découvert récemment sur la

Je vous remercie d'avoir fait appe
sonnels et de n'avoir pas douté de l
je ferais à votre demande. Je m'hon
Société et j'en comprends les généreu

J'aurais désiré qu'il fût possible
vestiges de notre vieille histoire.

Mais j'ai dû m'incliner devant
service de la voirie a fait valoir c
Conseil municipal auquel il a été so
l'accueillir.

Je vous adresse une copie de la dé
par le Conseil. Vous y remarquere
pu, à notre grand regret, déférer a
Société, nous serons heureux du m
sera en notre pouvoir pour vous met
représentation exacte de ce curieux

Veuillez agréer, Monsieur le Direc
haute considération.

L

A M. Parrot, Directeur-Admi
académique.

Copie extraite du registre des délibérations du Conseil municipal d'Angers.

SESSION EXTRAORDINAIRE

Séance du mardi 21 *janvier* 1879.

M. le Maire expose ce qui suit :

Pétition des Sociétés savantes au sujet de l'édicule découvert place du Ralliement.

MESSIEURS,

L'Administration a reçu, à l'occasion des découvertes faites sur la place du Ralliement, deux pétitions qui, en raison des signatures qu'elles portent, se recommandent particulièrement à votre bienveillant examen.

La première nous a été adressée par la Société académique et est ainsi conçue :

(*Suit la lettre précédente qui ferait ici double emploi.*)

La seconde nous a été adressée par la Société d'agriculture, sciences et arts :

Monsieur le Maire,

Le 14 *décembre* 1878, *la Société académique de Maine-et-Loire avait l'honneur, dans un but de conservation et sous la signature de M. Parrot, d'appeler votre sollicitude sur*

l'édicule le plus voisin de la mosaïque, place du Ra
lisement.

La Société d'agriculture, sciences et arts d'Angers, apr
avoir été informée de cette démarche, est heureuse de s
associer, par délibération du 6 janvier courant, avec d'auta
plus d'instance que certaines villes, par exemple : Besanç
et le Mans, dans des conditions analogues, n'ont pas répug
le moins du monde à laisser en place différentes ruines q
l'étranger visite avec intérêt.

Ajoutons que près de l'édicule en question se dégage u
base octogone dont la construction serrée et trapue paraît fo
ancienne.

Le mystère plane encore sur sa destination, et c'est à not
sens un plus grand motif de vous recommander sa conserv
tion, d'accord en cela avec M. Léon Palustre, directeur
la Société française d'archéologie pour la conservati
des monuments nationaux, *qui est venu tout exprès* (6 *ja*
vier) *visiter nos ruines, en les qualifiant d'*extrêmeme
précieuses *et répétant* qu'il serait fâcheux de les avo
détruites. *Successeur de M. de Caumont, son autorité est*
d'un poids exceptionnel.

Aujourd'hui que le goût se porte vers la création d
squares, serait-il téméraire d'avancer que nos deux édicu
pourraient servir de motifs à une ingénieuse composition do
le principal mérite serait de rompre la monotonie de lign
trop régulières, sans gêner aucune circulation?

L'Architecte-Ingénieur de la Ville tirerait de cette situ
tion le meilleur parti et certainement à peu de frais, c
pour le dire en passant, il suffirait d'environner ces vie
murs, d'ailleurs solides, d'une grille et de quelques arbust

En ce qui concerne l'intérêt historique de ces vestiges, nos Sociétés sont d'avance assurées de trouver en vous, M. le Maire, un avocat convaincu.

D'un autre côté, l'Administration municipale et son Conseil auxquels revient l'honneur de la conservation de la salle Saint-Jean, après avoir su l'approprier à un Musée d'antiquités, ne feront que continuer leur œuvre en trouvant le moyen de sauver les ruines dont il s'agit, véritables pièces justificatives indispensables aux discussions qui se préparent; grammatici certant, *comme vous nous le disiez ces jours derniers.*

Signé : A. Lachèse, *président;* Godard-Faultrier; E. Lachèse, *conseiller honoraire;* D'Espinay; L. Cosnier; Victor Pavie.

Vous me permettrez de dire que j'ai été touché de l'appel qui m'a été fait par les membres de ces Sociétés savantes dont je partage le respect et les sympathies pour tout ce qui touche à l'histoire de notre pays. J'aurais vivement désiré qu'il vous fût permis de donner une entière satisfaction au vœu de ces hommes distingués, qui honorent notre cité par leurs travaux et par la passion généreuse qu'ils apportent à défendre contre les rigoureuses nécessités du présent les vénérables vestiges du passé. Mais j'ai dû me mettre en garde contre ce sentiment personnel, et j'ai soumis la question à M. Demoget, architecte-ingénieur de la Ville, qui a, lui aussi, le goût

des études archéologiques, et voici le rapport qu'il m'a remis :

Monsieur le Maire,

Les ruines trouvées dans les fouilles de la place du Ralliement sont, comme l'indiquent les signataires, très curieuses pour l'histoire de la localité, et mériteraient d'être conservées si elles présentaient en dehors de leur caractère historique quelque trace d'art.

Malheureusement ces ruines sont informes, et des dessins ou des vues photographiques rendront aussi bien compte de leurs dispositions que la conservation des débris eux-mêmes. Ils sont découverts depuis deux mois seulement et déjà dégradés par les intempéries au point de ne pouvoir supporter encore un hiver. Les parties en tuffeau sont exfoliées par la gelée, les enduits et mortiers disparaissent à chaque dégel, et on ne pourrait songer à conserver ces substructions sans les recouvrir par une toiture. Ce serait là une dépense considérable, et on voit facilement quel fâcheux aspect les toitures d'abritement produiraient sur un côté de la place. Elles seraient d'ailleurs si rapprochées des maisons de la poste que la circulation serait interdite de ce côté au moins aux voitures, sinon aux piétons.

Je ne puis donc, en tenant compte de ce qui précède, vous proposer la conservation de ces ruines, mais il serait possible au moins d'en fixer la position et d'en faire des relevés authentiques, en autorisant d'ailleurs les Sociétés savantes à faire toute recherche de constatation, d'ici au 15 février, date à laquelle nous commencerons nos travaux vis-à-vis la Poste.

Je formule d'ailleurs ci-dessous mes propositions :

1° *Les murs de l'édicule et de la tour octogonale seront conservés jusqu'au 15 février, date à laquelle il sera procédé à leur démolition en présence des Sociétés savantes ;*

2° *D'ici à cette époque, les Sociétés pourront faire exécuter les dessins ou photographies qui leur paraîtront utiles, la Ville mettant à leur disposition les fragments divers qu'elle a recueillis dans les fouilles et qui sont déposés au Musée ;*

3° *Un plan des lieux et des nivellements sera dressé par l'architecte-ingénieur de la Ville qui y rapportera les indications relatives aux constructions. Ces documents, complétés après la démolition, seront déposés à la Bibliothèque de la Ville.*

Signé : DEMOGET.

Je suis bien obligé de conclure comme M. Demoget, et j'espère que la Société académique et la Société d'agriculture, sciences et arts, apprécieront la force des considérations développées dans le rapport et se rallieront elles-mêmes à la solution qu'il propose.

M. Prieur trouve la date du 15 février proposée par M. Demoget, très rapprochée ; il estime qu'on pourrait donner un plus long délai.

M. le Maire répond à cette observation que plusieurs croquis ont déjà été pris, mais qu'en tout cas si une prolongation de quelques jours était nécessaire, un sursis demandé par les signataires des pétitions qu'on vient de lire, serait accordé sans difficulté.

Après la décision municipale, MM. Godard-Faultrier et

Armand Parrot écrivirent l'un et l'autre à M. le Ministre de l'Instruction publique, en leur qualité de correspondants du Ministère, pour l'informer des découvertes faites à Angers et appeler sur leur conservation sa bienveillante attention.

Société Académique de Maine-et-Loire.

Angers, le 21 février 1879.

A MONSIEUR LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS.

Monsieur le Ministre,

Une découverte d'un sérieux intérêt archéologique a été faite à Angers, place du Ralliement, en novembre et décembre 1878.

Cette découverte consiste dans deux édicules isolés, voisins l'un de l'autre, qui auraient été, suivant plusieurs savants, le premier un bain sacré, *et le deuxième un* baptistère. *Quoique d'origine différente, ils sont tous les deux fort anciens.*

Le bain sacré ou bain liturgique était, comme vous le savez, Monsieur le Ministre, l'édifice où le clergé se baignait la veille de certaines fêtes, et où les néophytes pratiquaient les mêmes ablutions avant et après le baptême. La loi de Théodose fait mention de ces établissements balnéaires; Apulée, saint Augustin, Grégoire le Théologien et d'autres

auteurs anciens en signalent l'existence, et Paciaudi, au siècle dernier, dans son intéressant ouvrage intitulé : De sacris christianorum balneis, *a publié sur ces édifices de très intéressants détails.*

La construction des petits thermes sacrés d'Angers paraît remonter à la fin du Bas-Empire.

L'édifice se compose d'une seule salle, de forme oblongue ; un hypocauste règne sous son sol, dans toute son étendue, et les piles des conduits de chaleur supportent une forte couche de ciment rouge qui sert de dallage Au fond de la salle, vers est, il existe une cuve parallélipipède formant abside à l'extérieur ; il en est de même d'une autre cuve semi-ovoïde située au sud. Tout l'appareil de chauffage est bien conservé, et les murs sont en bon état dans la partie qui subsiste. On peut donc se faire une très juste idée du caractère du petit édifice.

A quelques mètres de l'édicule balnéaire se voit le baptistère, il est octogone, son aire est revêtue de ciment rouge, et son appareil, petit et régulier, paraît le rattacher à l'époque carlovingienne. Sa cuve baptismale a disparu, peut-être parce qu'elle était en plomb et mobile. La forme et les proportions de l'édicule semblent ne laisser aucun doute sur son origine, et il a dû remplacer un édifice plus ancien destiné au même usage.

Il y a une circonstance qui milite singulièrement en faveur de la destination des deux monuments : c'est que l'un et l'autre furent construits sur l'emplacement du cimetière primitif des Andecaves et près de leur cathédrale. En effet, on sait qu'il était dans les usages du temps d'établir le baptistère dans le voisinage de la cathédrale, où deux fois l'an l'évêque

administrait le baptême par immersion. Il en était de même du bain sacré où l'évêque devait se rendre à certains jours.

La découverte de ces intéressants édifices éveilla naturellement l'attention des archéologues angevins. J'entretins la Société académique de Maine-et-Loire des avantages qu'il y aurait pour l'histoire locale à conserver ces deux vénérables restes du passé. Sur ma proposition, une demande fut alors adressée dans ce but à l'Administration municipale. De son côté, la Société d'agriculture, sciences et arts d'Angers adressa une semblable demande.

Les deux requêtes auraient été favorablement accueillies, si l'ingénieur-architecte de la Ville n'eût pas demandé la destruction des ruines dans un rapport qu'il adressa à M. le Maire d'Angers, dans lequel il dit :

« Les ruines trouvées dans les fouilles de la place du Ral-
« liement sont, comme l'indiquent les signataires, très
« curieuses pour l'histoire de la localité et mériteraient d'être
« conservées si elles présentaient en dehors de leur caractère
« historique, quelque mérite d'art.

« Malheureusement, ajoute-t-il, ces ruines sont informes, et
« des dessins ou des vues photographiques rendront aussi bien
« compte de leurs dispositions que la conservation des débris
« eux-mêmes. »

Lorsque les Sociétés savantes d'Angers adressèrent à l'Administration municipale une demande de conservation des ruines, les fouilles n'étaient pas achevées et aucun archéologue n'avait encore osé se prononcer sur leur origine. Maintenant, il n'en est plus de même, mais l'arrêt rendu par le Conseil municipal qui les condamne à disparaître n'en subsiste pas

moins. C'est contre cette sentence et d'accord avec M. le Maire d'Angers, que j'ai l'honneur, Monsieur le Ministre, de porter à votre connaissance la découverte des deux rarissimes monuments dont je viens de vous donner la description.

J'ose espérer que dans l'intérêt de nos édifices historiques, vous voudrez bien déléguer un des savants du Comité des Travaux historiques, afin que, sur son rapport, vous soyez convenablement éclairé sur le caractère et l'importance des ruines.

La situation qu'occupent les deux édicules sur la vaste place du Ralliement permet de les conserver facilement, dans un square, sans gêner la circulation; leurs pittoresques contours seraient au contraire un motif fort agréable dans un centre de verdure et de fleurs.

M. de Rossi, qui a eu connaissance de la découverte d'Angers, estime que le bain sacré est unique dans la chrétienté *et qu'à ce titre il mérite d'être précieusement conservé. A la grande autorité de l'illustre Romain se joindra, je n'en doute pas, celle des savants du Comité des Travaux historiques qui sont les juges impartiaux et les protecteurs éclairés de l'histoire et des monuments nationaux de la France.*

Veuillez agréer l'assurance des sentiments très respectueux avec lesquels je suis, Monsieur le Ministre, de Votre Excellence, le très humble serviteur,

A. PARROT,

Correspondant du Ministère.

Mairie d'Angers.

Angers, le 28 février 1879.

Monsieur le Directeur,

Le déblaiement de la place du Ralliement est aujourd'hui très avancé et l'entrepreneur insiste pour être autorisé à faire disparaître les deux édicules dont votre Société a réclamé la conservation.

L'Administration ne pourrait, sans les plus graves inconvénients, suspendre plus longtemps l'exécution de la délibération du Conseil municipal et maintenir un état de choses qui arrête d'importants travaux de voirie commencés depuis plusieurs mois.

J'ai donc l'honneur de vous informer que la démolition aura lieu dans quelques jours, et je vous prie de profiter de cet avis pour achever les études que vous avez entreprises et en faveur desquelles l'Administration s'est fait un devoir d'épuiser les délais possibles.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma haute considération.

Le Maire,

M.-E. Mourin.

Deux jours après la réception de la lettre de M. le

Maire d'Angers, M. Parrot reçut du Ministère la dépêche suivante :

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

Paris, le 1er mars 1879.

Monsieur,

J'ai reçu, avec la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire le 20 *février dernier, vos appréciations et vos propositions relatives à deux édicules isolés qui ont été découverts à Angers, en novembre et décembre* 1878.

Je m'empresse de vous remercier de cet envoi qui sera incessamment placé sous les yeux des membres de la section d'archéologie du Comité des Travaux historiques.

Agréez, Monsieur, l'assurance de ma considération très distinguée.

Pour le Ministre de l'Instruction publique
et des Beaux-Arts,

Et par autorisation,

Le chef du bureau des travaux historiques et Sociétés savantes,

CHARMES.

Après la réception de cette dépêche, M. Parrot s'empressa d'en donner communication à M. le Maire, qui

lui accorda gracieusement un nouveau sursis, à la condition qu'il presserait la décision ministérielle.

Dans ce but, M. le Directeur adressa à M. le Ministre de l'Instruction publique une instance plus pressante qui fut bientôt suivie d'une pétition, dont M. A. Parrot donna connaissance à l'Administration municipale.

Les lettres et la pétition sont ainsi conçues :

A MONSIEUR LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS.

Monsieur le Ministre,

Par ma lettre en date du 20 février dernier, j'ai eu l'honneur d'appeler votre bienveillante attention sur deux importantes découvertes archéologiques faites à Angers, sur la place du Ralliement. A cette époque, M. le Maire d'Angers m'avait donné l'assurance que les deux édicules, objets de la découverte, seraient conservés jusqu'à ce que Votre Excellence ait statué sur l'opportunité de leur conservation. Hier, il m'a informé, qu'à son grand regret, il en ordonnerait la démolition à la fin de la semaine, à moins qu'il ne reçoive de vous un avis qui lui fît proroger cette date.

Je viens donc, Monsieur le Ministre, vous prier instamment d'informer l'Administration municipale que le Comité des Travaux historiques est saisi par vous de l'étude des ruines, afin que vous puissiez statuer sur leur avenir, comme monuments historiques.

Les Sociétés savantes d'Angers désirent vivement la conservation des deux édicules, pour laquelle elles sont disposées à s'imposer des sacrifices.

Confiantes dans votre sollicitude, elles espèrent, Monsieur le Ministre, que vous leur viendrez en aide pour conserver deux précieux souvenirs de notre vieille cité.

Veuillez agréer l'expression des sentiments très respectueux avec lesquels je suis, Monsieur le Ministre, de Votre Excellence, le très humble serviteur,

A. PARROT.

Angers, le 1er mars 1879.

A MONSIEUR LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS.

Monsieur le Ministre,

J'ai l'honneur d'adresser à Votre Excellence une pétition rédigée par divers membres des Sociétés savantes d'Angers, dans le but de conserver, comme monuments historiques, les deux édicules qui ont été découverts sur la place du Ralliement.

Veuillez agréer l'assurance des sentiments très respectueux avec lesquels je suis, Monsieur le Ministre, de Votre Excellence, le très humble serviteur,

A. PARROT,

Correspondant du Ministère.

Angers, 6 mars 1879.

A SON EXCELLENCE MONSIEUR LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS.

Angers, le 6 mars 1879.

Monsieur le Ministre,

Les soussignés ont l'honneur de demander à Votre Excellence le classement, parmi les monuments historiques, de deux édicules découverts récemment à Angers, place du Ralliement, qui ont été, suivant l'opinion générale, l'un un bain sacré ou bain liturgique, l'autre un baptistère.

Le bain liturgique passe pour être unique dans la chrétienté, et l'autre édifice ne compte que peu de similaires en France. En raison de la rareté de ces deux édicules, ils espèrent que vous accueillerez bienveillamment leur requête et que vous assurerez la conservation de deux édifices qui appartiennent à l'histoire.

Veuillez agréer l'assurance des sentiments très respectueux avec lesquels ils sont, Monsieur le Ministre, de Votre Excellence, les très humbles serviteurs,

DECHARME, *président de la Société académique de Maine-et-Loire ;* GODARD-FAULTRIER, *directeur du Musée d'antiquités ;* Henry SAUVÉ ; D'ESPINAY, *vice-président de la Société d'agriculture, sciences et arts d'Angers ;* MABILLE, *secrétaire de la Société linnéenne de Maine-et-Loire;* A. BLAVIER, *président de la Société industrielle et agri-*

cole de Maine-et-Loire ; Hervé-Bazin, *secrétaire de la Société d'agriculture, sciences et arts ;* E. Queruau-Lamerie, *juge suppléant au tribunal de première instance, archiviste de la Société académique de Maine-et-Loire ;* Ch. Perrin ; Victor Pavie ; Dr Grille ; Dr P. Maisonneuve ; G. Lucas ; E. Gavouyère ; A. Pinoteau ; L. Cosnier ; Ch. Menière, *trésorier de la Société académique de Maine-et-Loire ;* Em. Tarnier ; F. Hy ; De Kernaeret ; V. Parrot, *secrétaire de la Société académique de Maine-et-Loire ;* L. de Farcy, *directeur du Musée diocésain ;* Comte de la Selle ; J.-R. Ravain ; E. Barassé, *archiviste de la Société industrielle ;* M. de Bagneaux ; l'abbé Bourquart ; Dolbeau ; G. Cassin de la Loge ; J. de la Selle ; Dr Farge, *directeur de l'École de médecine d'Angers ;* Paul Lachèse, *secrétaire de la Commission archéologique ;* A. Parrot, *correspondant du Ministère, directeur de la Société académique de Maine-et-Loire.*

Vu par nous, Maire d'Angers, pour légalisation des signatures ci-dessus au nombre de trente-trois.

Angers, le 6 mars 1879.

Le Maire,

M.-E. Mourin.

Société académique de Maine-et-Loire.

Angers le 7 mars 187

A MONSIEUR LE MAIRE DE LA VILLE D'ANGERS.

Monsieur le Maire,

J'ai l'honneur de vous informer que j'ai adressé à M. le Ministre de l'Instruction publique la pétition signé des membres de toutes les Sociétés savantes d'Angers, vous avez légalisé les signatures.

Cette pétition a pour but, ainsi que vous l'avez v demander à M. le Ministre de l'Instruction publique le sement, parmi les monuments historiques, des deux édi de la place du Ralliement.

*Je crois inutile, Monsieur le Maire, de vous rappeler térêt qui se rattache à ces petits édifices, vous en ayant ; mais il est un point que je vous prie de ne pas ou c'est le jugement porté par M. le commandeur de Rossi le bain liturgique ou bain sacré, qu'il qualifie d'*unique *[illegible].*

L'état de vétusté des ruines n'est pas un motif qu'on invoquer pour les détruire, mais plutôt une raison pou conserver par les intelligents procédés en usage à époque.

Le manque de figures artistiques ou d'ornementation a ne n'est pas non plus un motif pour faire dispar

ces antiques monuments : les dolmens, les menhirs, les peulvans ne sont que des pierres grossières, et cependant on les conserve à l'égal des édifices que l'art a embellis de ses splendeurs.

Enfin, il ne m'appartient pas, Monsieur le Maire, de vous rappeler les instructions ministérielles relatives à la découverte des anciens monuments, mais de vous signaler l'appel fait par des hommes éclairés en vue de conserver à la nation deux rares et curieux témoins des mœurs et des coutumes de nos ancêtres.

Veuillez agréer, Monsieur le Maire, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

A. PARROT.

Correspondant du Ministère de l'Instruction publique.

Pressé sans doute par des personnes qui avaient hâte de voir disparaître les ruines intéressantes des deux petits édifices, M. le Maire annonça à M. Parrot l'arrêt irrévocable de leur destruction en ces termes :

Mairie d'Angers.

Angers, le 10 mars 1879.

LE MAIRE DE LA VILLE D'ANGERS A MONSIEUR PARROT, DIRECTEUR DE LA SOCIÉTÉ ACADÉMIQUE.

Monsieur le Directeur,

En réponse à la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'adresser le 7 mars courant, je ne puis que vous répéter ce que j'ai eu occasion de vous dire plusieurs fois.

Le Conseil municipal, après examen, a ordonné la démolition des édicules de la place du Ralliement, en se fondant sur les impérieuses exigences de ses travaux de voirie, sur le défaut de caractère déterminé des constructions découvertes et sur l'impossibilité absolue de les défendre au point de leur état de vétusté, contre les actions atmosphériques.

Depuis le mois de novembre les Sociétés savantes ont eu le temps et toute la facilité possible pour faire des études, relever les plans, prendre des représentations photographiques et autres.

Il m'est donc impossible de prolonger davantage des délais préjudiciables à des travaux déjà trop retardés. J'ai donc l'honneur de vous informer que l'entrepreneur est autorisé à procéder à la démolition le vendredi matin, 14 courant.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma haute considération.

Le Maire,

M.-E. M[illegible].

Voyant qu'il ne pouvait plus obtenir de sursis, M. A. Parrot prit alors la résolution de sauver au moins un des édicules, en le faisant transporter au Musée d'antiquités.

Dans ce but, il s'entendit avec l'honorable M. Godard-Faultrier, directeur du Musée d'antiquités, qui, lui aussi, avait fait de son côté tous ses efforts pour conserver sur place les ruines des deux édifices. Alors, d'un commun accord, ils convinrent d'employer au transport et à la réédification du bain sacré, les fonds que la *Société d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers*, la *Société académique*

de Maine-et-Loire, et la *Société française d'archéologie*, avaient mis à leur disposition pour la restauration des ruines et la création du petit square qui devait les entourer.

Ce nouveau projet nécessita quelques négociations qui empêchèrent que la démolition des ruines fût entreprise le vendredi 14 mars, comme M. le Maire l'avait annoncé dans sa lettre à M. Parrot.

Tandis qu'on s'occupait à Angers de la conservation des ruines de la place du Ralliement, cette question était également agitée à Paris dans le sein du Comité des travaux historiques, au Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Dans la séance du 10 mars, M. Edmond Le Blant, membre de l'Institut, y fut chargé d'étudier les communications adressées à ce sujet par MM. Parrot et Godard-Faultrier.

M. du Sommerard, directeur du Musée et des Thermes de Cluny, qui était présent à la séance, annonça à la section « qu'il avait reçu du Ministère la mission d'aller étu- « dier cette question sur place [1]. »

En effet, M. du Sommerard, membre de la Commission des monuments historiques, arriva à Angers le dimanche 16 mars, vers cinq heures du soir, et immédiatement il se rendit auprès de M. A. Parrot, puis alla sur la place du Ralliement visiter les ruines, objet de sa mission.

Le lundi, il vit M. le Maire, M. le Préfet, M. l'Ingénieur-Architecte de la Ville, et M. Godard-Faultrier.

[1] *Revue des Sociétés savantes* (Procès-verbal de la séance du 10 mars 1879), 7e série, t. I, p. 21.

Après les divers entretiens qu
M. du Sommerard ne cacha pas
la difficulté, en présence de l'ho
cipal, de conserver sur place l
engagea-t-il à sacrifier l'octogor

Dès le lendemain du départ de
tère, la démolition du monun
mencée. Peu de jours après, M.
Sommerard pour lui annoncer «
« avaient pris le parti de faire e
« pour le reconstruire à la salle
lution des Sociétés savantes «
marquait M. du Sommerard à
basant alors sur la lettre de M.
thie du Conseil municipal po
ruines, M. le Rapporteur crut in
sement du bain sacré, étant cert
au Musée d'antiquités.

Certes, en proposant à M. le M
la place du Ralliement, aux frai
l'hypocauste et ses dépendances
n'avaient entendu le faire que d
ment n'aurait pas été obtenu e
La lettre de M. le Maire a pu en
M. le Rapporteur de la Commiss
toriques.

Sans s'arrêter aux entrave
MM. Godard et Parrot entreprir

[1] Lettre de M. du Sommerard à M.

du transport de l'édicule balnéaire dans le jardin du Musée d'antiquités, où une place d'honneur lui fut donnée au milieu d'un massif d'arbres, de fleurs et de verdure.

Le monument ne fit, pour ainsi dire, que changer de place. Son orientation, ses proportions et jusqu'à ses moindres détails, rien ne souffrit de sa transposition, grâce à l'intelligente surveillance de M. Rohard, conducteur des travaux de voirie de la Ville d'Angers, qui, sous la direction de MM. Armand Parrot et Godard-Faultrier, mena à très bonne fin cette œuvre délicate.

Maintenant, on peut voir dans le jardin du Musée d'antiquités, le rarissime bain sacré ou bain liturgique, dont la découverte fut tout un événement pour le monde archéologique.

Bientôt des études spéciales feront connaître son origine et son usage.

LETTRES

RELATIVES

A LA POUDRIÈRE D'ANGERS

Société académique de Maine-et-Loire.

Angers, le 31 juillet 1879.

A MONSIEUR LE MAIRE DE LA VILLE D'ANGERS.

Monsieur le Maire,

La Société académique de Maine-et-Loire a été invitée à s'occuper des vœux aux pétitions, qui vous ont été adressées par un grand nombre d'habitants d'Angers, en vue de faire retirer des Chiteau et transporter en dehors de la Ville, le dépôt de poudre et de matières fulminantes qui y sont emmagasinées.

L'importance du dépôt et la nature exceptionnellement dangereuse des matières qui le constituent, en font l'objet d'un péril trop imminent pour que la Société académique ne s'associe pas entièrement à la demande des pétitionnaires.

Toutefois, en souhaitant le déplacement de la poudrière, la Société académique s'empresse de déclarer que ce n'est point en vue d'un accident pouvant provenir du fait de l'Administration qui en a la garde, car elle sait que la surveillance la plus active existe pour obvier au danger ; mais il y a un danger contre lequel l'Administration militaire est impuissante : c'est la foudre.

La foudre a des caprices si bizarres et si dangereux que la science elle-même peut être impuissante à la combattre, si les efforts tentés à cet égard sont incomplets ou imparfaits.

La situation du château, ses hautes tours, les nappes d'eau souterraines de son sol, sont autant de causes qui peuvent attirer l'électricité et provoquer non seulement l'explosion de la poudrière, mais aussi de la grande quantité de cartouches ou autres engins de guerre conservés dans les tours, que la foudre peut facilement atteindre par l'ouverture des meurtrières.

Pour protéger la Ville contre une catastrophe, qui pourrait être épouvantable, l'Administration militaire a placé sur le vaste bâtiment de la poudrière un seul paratonnerre, croyant, sans doute, conjurer ainsi le danger.

Malheureusement il n'en est rien, parce qu'on sait qu'un paratonnerre ne peut protéger un rayon au delà du double de sa hauteur.

Les tours du château sont également dans de mauvaises conditions, car, quoique remplies de matières fulminantes ou inflammables, elles sont entièrement dépourvues de paratonnerres ; une explosion peut donc s'y produire d'un instant à l'autre et provoquer par l'ébranlement du sol et la projection des matériaux l'explosion de la poudrière.

Quoique les paratonnerres soient reconnus très-efficaces pour combattre la foudre, doit-on compter sur eux pour se croire à l'abri du danger? Nous ne le croyons pas; car il suffit d'une irrégularité dans leur construction ou d'une faible détérioration dans leur appareil, pour produire les plus grands malheurs. Aussi ne saurait-on trop éloigner des centres de population des causes de ruine et de mort comme peut le devenir une poudrière.

On comprend aisément qu'une situation aussi critique, contre laquelle les habitants réclament depuis longtemps, soit l'objet d'instances réitérées auprès des administrations compétentes, qui assument une immense responsabilité en se montrant sourdes à leur légitime demande.

Nous ne doutons pas, Monsieur le Maire, que dans cette circonstance vous serez, comme toujours, vis-à-vis l'Administration de la guerre, le protecteur de vos administrés pour assurer leur sécurité.

Veuillez agréer, Monsieur le Maire, avec nos vœux réitérés, l'expression de nos sentiments les plus distingués.

Les membres du Bureau de la Société académique de Maine-et-Loire,

C. DECHARME, *président;* A. PARROT, *directeur-administrateur;* V. PARROT, *secrétaire;* C. MÉNIÈRE, *trésorier;* E. QUERUAU-LAMERIE, *archiviste.*

M. le Maire répondit à M. Armand Parrot la lettre suivante :

Mairie de la Ville d'Angers.

Angers, le 11 août 1879.

Monsieur le Directeur,

J'ai l'honneur de vous accuser réception de la lettre que les membres du Bureau de la Société académique de Maine-et-Loire m'ont adressée, pour appuyer les vœux exprimés par de nombreux habitants d'Angers, en vue de faire retirer du Château et transporter en dehors de la Ville le dépôt de poudre et de matières explosibles renfermé dans les tours du Château.

Cette lettre a été immédiatement jointe aux pétitions, dont une Commission examine les divers considérants, et je puis vous donner l'assurance que les motifs que vous invoquez pour l'éloignement de la poudrière auront une sérieuse influence sur les résolutions que le Conseil municipal sera appelé à prendre dans un délai rapproché.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Maire,

M.-E. Mourin.

Le Conseil municipal s'est montré favorable à la demande qui lui était faite de retirer du Château d'An-

gers la poudrière, pour la reconstruire dans un lieu qui offrirait des garanties à la sécurité des habitants.

A ce sujet, M. Abellard donna lecture au Conseil général, dans la séance du 25 août 1879, d'une lettre de M. le Maire d'Angers, dans laquelle il est dit : « que le Con-« seil municipal d'Angers serait disposé à voter la dé-« pense qu'entraînerait la construction d'un nouveau « dépôt. De plus, ajoute M. le Rapporteur, M. le Maire « d'Angers demande que cette question soit renvoyée à « l'étude de M. le Préfet et de la Commission départe-« mentale [1]. »

Si la poudrière n'est pas encore enlevée du Château, on doit espérer qu'elle le sera dans un avenir prochain. En attendant l'Administration de la guerre a fait surmonter presque toutes les tours d'un paratonnerre.

[1] *Procès-verbaux du Conseil général de Maine-et-Loire*, — Angers, 1879, in-8°, p. 592.

NÉCROLOGIE

La Société académique a éprouvé dans le cours de l'année 1879 le décès de cinq de ses membres titulaires, qui ont laissé dans le sein de la Compagnie d'unanimes regrets.

I. M. Berger-Lointier (François), chevalier de la Légion d'honneur, avocat, ancien sous-préfet, ancien membre du Conseil général, ancien maire de Briollay, né le 24 juillet 1799, mort dans le mois de janvier.

Dévoué à tous les genres de progrès, M. Berger-Lointier fut un des plus zélés protecteurs de l'enseignement mutuel dans les écoles primaires lors de son institution.

II. M. Besnard (François), manufacturier, chevalier de la Légion d'honneur, vice-président de la Chambre de Commerce, administrateur de la Banque de France, né en 1806, décédé le 4 avril.

Doué d'une grande intelligence commerciale, M. Besnard fut le fondateur d'une des plus importantes manu-

factures de cordages d'Angers, et peut-être de la France. C'était un père pour les ouvriers au bien-être desquels il n'a jamais cessé de penser.

III. M. Laroche (Victor), négociant, membre du Conseil municipal, né en 1819, mort au mois de juillet.

Sympathique à la classe industrielle, M. Laroche en fut le bienfaiteur par la sollicitude qu'il ne cessa de témoigner aux sociétés de secours mutuels, dont il était le président.

IV. M. Ollivier (Aristide-Édouard), pharmacien, né en 1821, décédé au mois d'août.

Parent du célèbre chimiste Prosper Ollivier, M. Aristide Ollivier s'inspira de la science de son oncle et de sa famille qui a laissé à Angers, dans la pharmacie, les plus honorables souvenirs.

V. M. le Dr Combes, médecin et directeur de l'Asile d'aliénés du département de Maine-et-Loire.

Enlevé jeune à l'affection de sa femme et de ses enfants, M. Combes était le neveu de M. A. Ollivier, qu'il a suivi de près dans la tombe.

ERRATA

pages	lignes	au lieu de	lisez
10	6 en montant,	passer sur	passer par
14	2 id.	ne se	se
28	12 dernière col.,	so $^{\text{dièse}}$	sol $^{\text{dièse}}_{8}$
32	1	pl. III,	pl. IV.
32	13	33	64
33	5 4e colonne,	$\frac{6}{-}$	-

ADDITIONS

pages	lignes	au lieu de	mettre
30	12-13	de 2 n à 4 n (n=2, 3, 4...)	rapport=2
	8 et 9	deux octaves	(deux oct.) rapp.=4
	19-20	de 2 n à 3 n (n=2, 4, 6, 8)	rapport=$\frac{3}{2}$
	16	une neuvième	(une neuv.) rapp.=$\frac{9}{4}$
	24 et 25	de 2 n à 3 n—1 (n=5, 7...)	rapport=1.40
	28 et 29	de 2 n à 3 n—2 (n=2, 5; 2, 7...)	rapport=1.43

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06305 0853